

中華民國第 59 屆中小學科學展覽會
作品說明書

高級中等學校組 地球與行星科學科

(鄉土)教材獎

051905

梅雨"鋒"了嗎? - - 梅雨季氣候特性之探討

學校名稱：國立宜蘭高級中學

作者： 高二 張翔鈞 高二 黃穎豪	指導老師： 林清正
-------------------------	--------------

關鍵詞：梅雨、滯留鋒

摘要

本研究以宜蘭測站五六月之資料為分析對象，並輔以其他各測站之資料，以進行分析比對，研究分為兩大面向，一是各天氣要素與時間之關係，探討五六月氣候之統計上之特性及近年來之氣溫、降水變化趨勢。二是各天氣要素與滯留鋒位置之關係，探討滯留鋒帶來之溫壓變化及降水特色。

在經過研究討論後，有以下結論：

- 一、五六月為冬夏半年之過渡，且北臺灣以六月中旬為梅雨季及夏季之分界。
- 二、近年來有溫度提升的趨勢，然五六月之極端降水無顯著增加。
- 三、滯留鋒降水在不同測站間有集中或分散兩特性，與帶來降水之風向有關。

根據以上研究結論，研究者希冀能將此結果作為改善預報之參考，並對梅雨乃至五六月氣候特性做進一步之分析。

壹、研究動機

我們曾在某臺灣知名天氣論壇舉辦的每月競猜活動中，發現一個為猜測「下個月月降雨最多之測站」的項目，不管什麼月份總有許多人將自己神聖的一票投給宜蘭測站，然而，身為宜蘭子民的我們，不禁為他們的抉擇捏把冷汗，但某種程度上卻又能理解外界對宜蘭所賦予的刻板印象，因為宜蘭夏天接颱風、冬季又迎東北季風，至於梅雨季普遍認為雨也很多，但事實真是如此嗎？為了進一步了解真相，我們決定選用臺灣第二大降水來源——梅雨作為研究對象。

梅雨是臺灣主要的降雨來源之一，尤其梅雨的降雨時間正好為臺灣中南部乾季過後的重要降水來源，因此極為重要，歷史上曾出現幾次嚴重的乾梅，使水資源嚴重不足導致限水，造成民生的不便利性以及經濟上的偌大損失；相反地，有時梅雨伴隨著熱帶氣旋及較強之西南季風，帶來了長時間的強降雨並導致水患。

我們希望藉由觀察滯留鋒的各種變化與雨量關係以及其他相關資訊的結合與分析，使我們更加明瞭梅雨對我們的影響。

貳、研究目的

- 一、探討宜蘭測站(2001~2018)五六月氣候特性及變化
- 二、探討宜蘭測站(2001~2018)梅雨降雨量變化趨勢
- 三、探討五六月滯留鋒面出現頻率及其移動變化
- 四、探討滯留鋒過境時天氣(風向、氣溫、氣壓、降水量)所產生的影響

參、研究設備與器材

- 一、2001~2018 各局屬氣象站之地面觀測資料
- 二、2011~2018 五六月之地面天氣圖
- 三、Google 試算表及文件
- 四、WRPLOT View - Version 8.0.2(風花圖繪製)
- 五、Surfer 16(等值線圖繪製)

肆、研究過程與結果

一、資料範圍之設定及取得

本次研究之設定目標為利用觀測資料分析宜蘭五六月降雨之特性，並與臺灣各地之其他測站比較。為求分析之精確及避免特定個案影響結果，我們選定近十八年來(2001~2018)五六月份各局屬氣象站之測量資料，涵蓋降水、風速及風向、氣溫、氣壓。其資料解析度為每日一筆。為確認降水因素及滯留鋒位置關係，並排除其他因素導致之降水，我們亦使用2011~2018 年之東亞地面天氣圖來進行比對及確認。

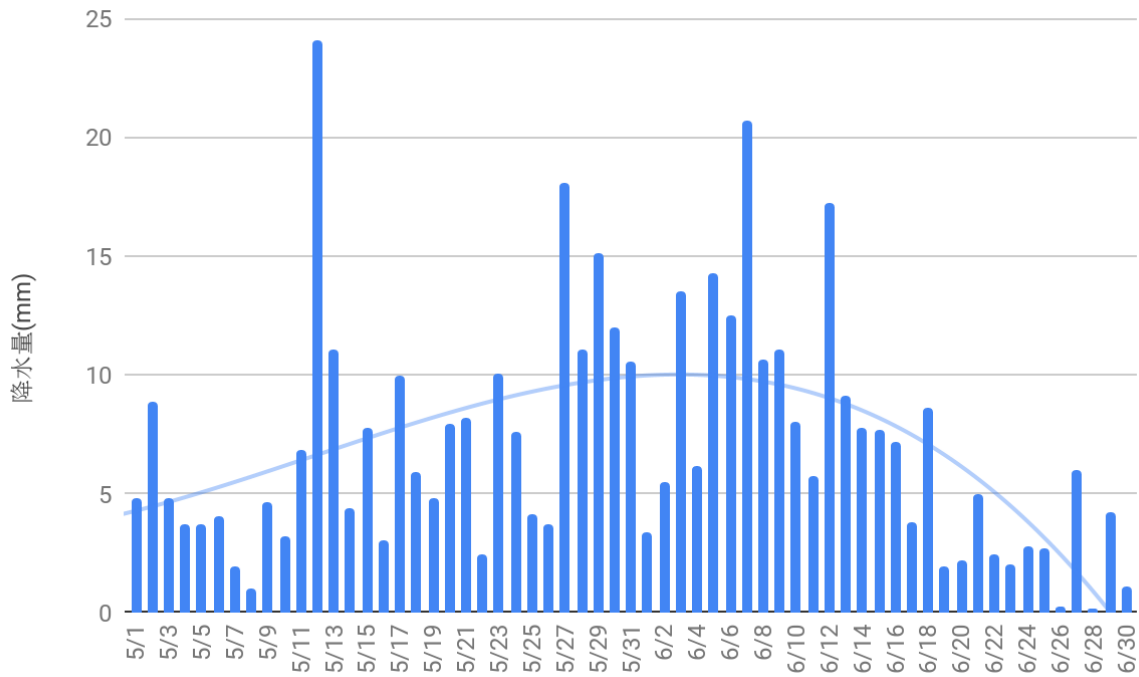
為取得本次研究所需之資料，我們起初欲利用中央氣象局之資料申購服務，但由於經費之限制及以研究為主之目的，於是改用大氣水文研究資料庫(<https://dbar.pccu.edu.tw>)內之觀測資料，經轉檔處理後以 Google 試算表分析。

本次研究以宜蘭測站為主要研究對象，為比較宜蘭測站與其他區域測站之差異，故選擇五個測站做為比較對象，因考慮具區域代表性、測站歷史、資料完整性等因素，我們選擇淡水、臺中、高雄、恆春、花蓮等測站比較。

二、五六月氣候特性分析

(一)逐日平均降水量分析

梅雨係台灣重要之降水來源，為了探討其降水於五六月這段時間中的分布，我們對五六月降水採逐日平均，意即將不同年份，相同日期之降水量進行平均。



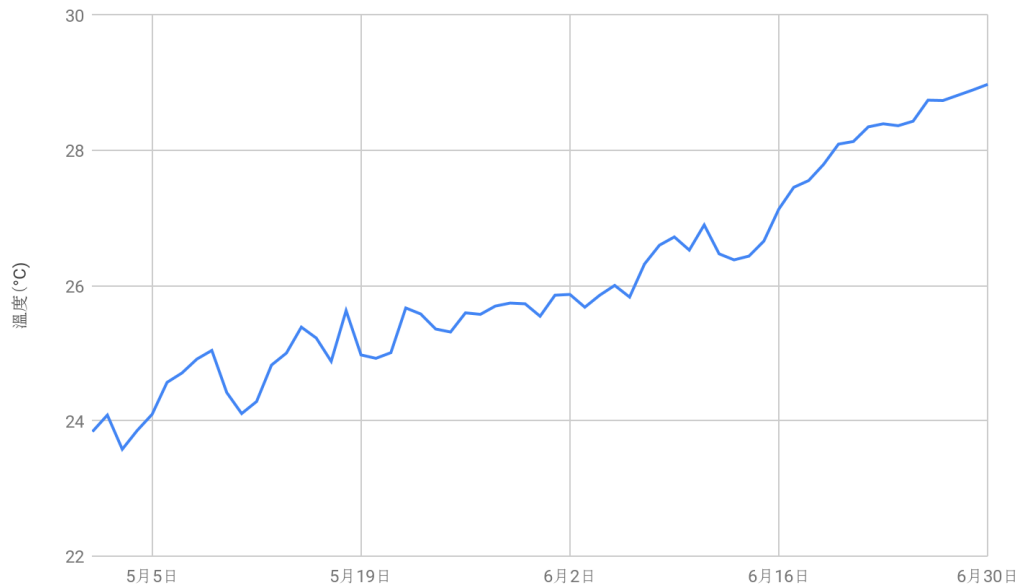
圖一、2001~2018 年宜蘭五六月的日平均降雨量

上圖是利用近十八年來(2001~2018)宜蘭測站之降水資料進行逐日平均所得，觀察上圖，可發現降水多集中於五月中旬至六月中旬，透過趨勢線(淡藍色曲線)，更可發現其趨勢為:在六月上旬之前一路緩升並達到高峰，過了六月中旬，降水顯著且快速地減少。另外，可觀察到於特定日期有極端值出現，如 5/12、5/27、6/7 有極端值出現，其乃因某年度該日期有較大之降水事件發生所導致，其原因將於討論中詳述。

(二)氣溫變化之分析

梅雨季為臺灣氣候重要之分界，就氣候型態上而言，五六月之前，為冬半年之氣候型態，影響天氣者多屬發源自西伯利亞之冷高壓，以及隨之南下的冷鋒，天氣變化明顯，「春天後母面」這句俗諺便是在形容此時天氣之變化不定，然而在五六月後，氣候型態轉為夏季，影響天氣者多屬太平洋上之副熱帶高壓以及颱風等熱帶系統，氣溫變化大致趨於穩定。

為了分析氣溫上升之程度，我們將宜蘭測站最近十八年相同日期之日均溫做平均，得到下方圖表。



圖二、2001~2018 年宜蘭測站五六月逐日均溫

由圖二可以發現，五六月之氣溫增幅相當明顯，五月初時平均氣溫大約落在攝氏 24 度，到了六月底時，平均氣溫來到將近 29 度，增幅達到 5 度。增幅最顯著的時間為六月中旬，在十天中上升 2 度。若將五六月之升溫幅度對比宜蘭最暖月均溫與最冷月均溫之溫差 (28.6-16.3=13.3)，兩個月上升 5 度之增幅算是相當大。此外，我們可以發現，五月下旬前之溫度曲線呈現鋸齒狀，除顯示平均氣溫變化劇烈外，亦顯示存在特定及值影響平均結果。而進入五月下旬之後，氣溫穩定上升，曲線較為平直少鋸齒。關於氣溫變化程度的分析，我們將做進一步的分析。

先前於逐日均溫的變化中發現，五月的溫度變化成鋸齒狀，而六月則趨於穩定，得知五月較六月的溫度變化劇烈，且較易出現明顯高於或低於平均之溫度，於是，我們便利用以下兩個方法將其變化程度量化，以便比較。

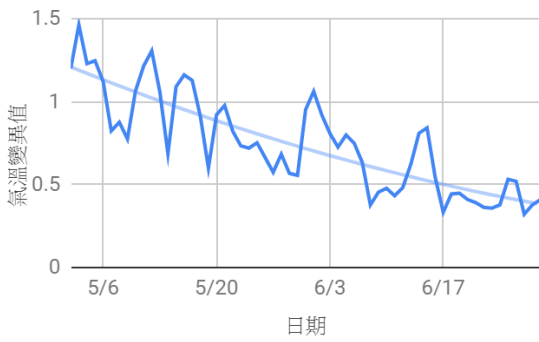
為了描述連續時間中氣溫變化的幅度，我們設計了以下公式來計算。

$$K_D = \frac{|T_D - T_{D-1}| + |T_D - T_{D+1}|}{2}$$

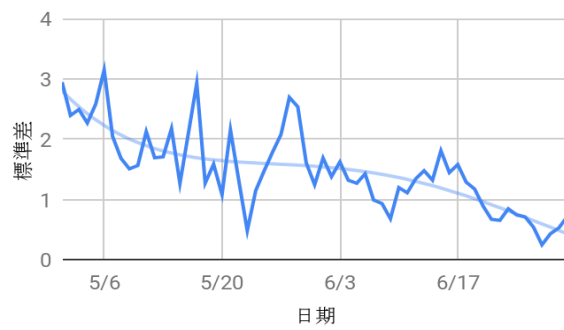
其中 K_D 為日期為 D 時的變異值，而 T_D 則為日期為 D 時 該日的日均溫

此公式將所計算的，是將選定日期的氣溫與前一日之氣溫差異，以及與後一日的氣溫差異加總後所得。

若我們將每一年日期同為 D 時的變異值做平均，得到平均變異值，便可用來描述一年中特定時段氣溫的穩定程度，換句話說，這是將「春天後母面」的程度量化，如果平均變異值大，則表示一年中這個時候的天氣是轉變快速的。



圖三、平均氣溫變異值變化



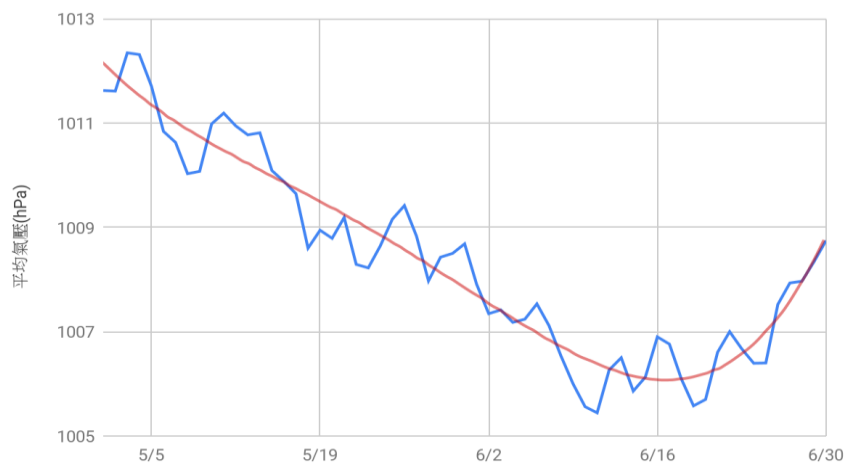
圖四、逐日氣溫標準差變化

圖三是利用宜蘭測站的資料，由平均變異值對時間作圖所得，由上圖，我們可以發現，五月初時，平均變異值大約落在 1.2 左右，但到了六月底時，已經降到了 0.5 以下，從淡藍色的趨勢線更可看出其變化，顯示五六月是由多變的春季氣候型態，轉變為穩定，進入由副熱帶高壓影響的夏季氣候型態，重要的過渡期。

除此之外，我們亦將相同日期的日均溫，做逐日標準差分析，標準差越大，代表一年中這個時間的天氣型態，較難用長期氣候平均值來推估。

圖四是我們利用宜蘭測站的氣溫資料所做出來的結果，我們可以觀察到，五月初時，標準差之值約落在 2.5 左右，到了六月底時，標準差則降到大約 0.5，由淡藍色的趨勢線更可看出其轉變。此結果顯示，五月的氣溫較六月的氣溫，較難由氣候做推估預測。

(三)氣壓變化之分析



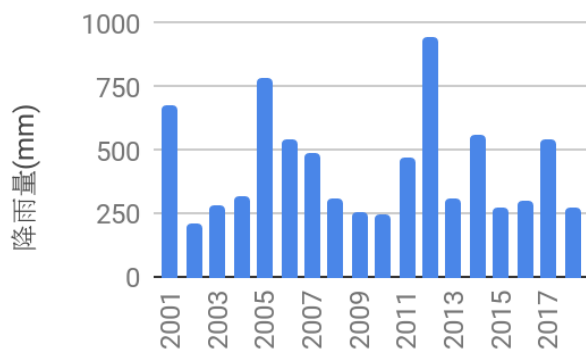
圖五、2001~2018 年宜蘭測站逐日平均氣壓

圖五是我們將近十八年來相同日期宜蘭測站之氣壓(換算為海平面氣壓)做平均所得之圖表。由圖表可以發現，氣壓之變化趨勢，呈現兩端高(5月初及6月底較高)，中間低的趨勢(6月中旬較低)，且氣壓最低時並非五月底、六月初之時，而是在六月中旬，分析原因應是在這之前，影響天氣者多屬西伯利亞冷高壓，而梅雨季時，則是受兩高壓中氣壓較低的鋒面系

統影響，且常伴隨大低壓帶的出現，在這之後，影響臺灣天氣者變成副熱帶高壓，氣壓回升。由趨勢線(紅色)更可清楚看出此變化，另外，可觀察到六月中旬之後的氣壓回升幅度，也不如先前下降的幅度，推測此結果是因六月時西南季風越過中南半島，進入南海及太平洋，加劇了伴隨梅雨鋒出現之低壓帶發展。

三、宜蘭測站五六月降水之歷年變化趨勢

(一)總降水量歷年變化



圖六、宜蘭測站(2001~2018)歷年五六月總降水變化

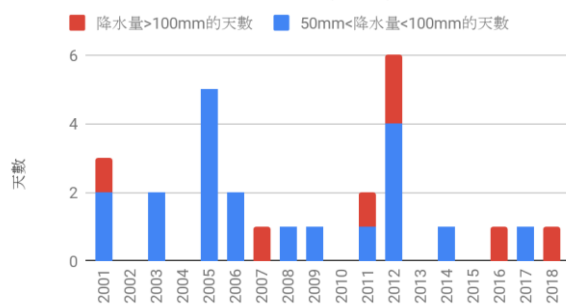
圖七、歷年五六月降水占比

圖六是近 20 年來五六月總降水變化，梅雨雨量由最低 212.5mm(2002 年)到最高 944mm(2012 年)，平均為 428.11mm，由此可見本月份之降水量變率偏高，且總降水亦無週期性變化，另外，搭配圖七，梅雨對全年降雨所佔的比例，亦可發現梅雨佔比由最低 8.35%(2000 年)至最高 32.37%(2012 年)皆有，大多數年份皆低於將總雨量平均分配所佔的 16.7%，且長期呈現鋸齒狀不穩定情況，可見梅雨對宜蘭的影響的確無想像中的高及重要。

(二)極端降水頻率歷年變化

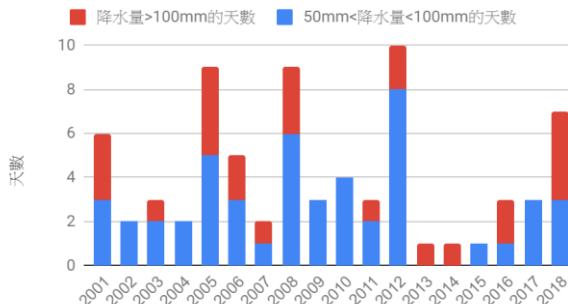
除了總降水量外，對生活影響較大者，莫過於極端降水，故接下來我們欲以近十八年來五六月出現較大降水之天數，來進行極端降水頻率之分析。

歷年極端降水出現頻率比較(宜蘭)



圖八

歷年極端降水出現頻率比較(高雄)



圖九

為判斷極端降雨之頻率，我們將每日降雨較高的日份分兩種等級拉出，並用累加圖加以統計，並比較宜蘭測站(左圖)及高雄測站(右圖)，我們可以發現，出現紅色的年份有 2001、2007、2011、2012、2016、2018 年，累加日份相對較多的為 2001、2005、2012 年，綜合兩點我們可以先發現 2012 年為最具極端降水性質的一年，其原因為該年由於背景大氣西南氣流旺盛，加上鋒面滯留時間長，導致全臺出現近十八年來最多地梅雨降水，尤其是東北部地區降水明顯高於平均，宜蘭出現設站以來五月最高降雨量。其他幾年如 2001、2005，亦有較明顯之極端降水出現。

另外，若比較宜蘭及高雄測站，可發現宜蘭測站的極端降水並不明顯，且許多年五六月皆未有日降水量超過 50 毫米的日子，顯現出宜蘭地區鮮少有梅雨致災的案例。且有幾年高雄測站有記錄到較高之極端降水發生次數，然該年宜蘭卻幾乎未有極端降水出現，形成反差，如 2008 及 2018 年。

綜觀整體趨勢，極端降水出現之頻率未有增加的趨勢，且在 2012 年之極端情形後，降水量較多之天數顯著減少。

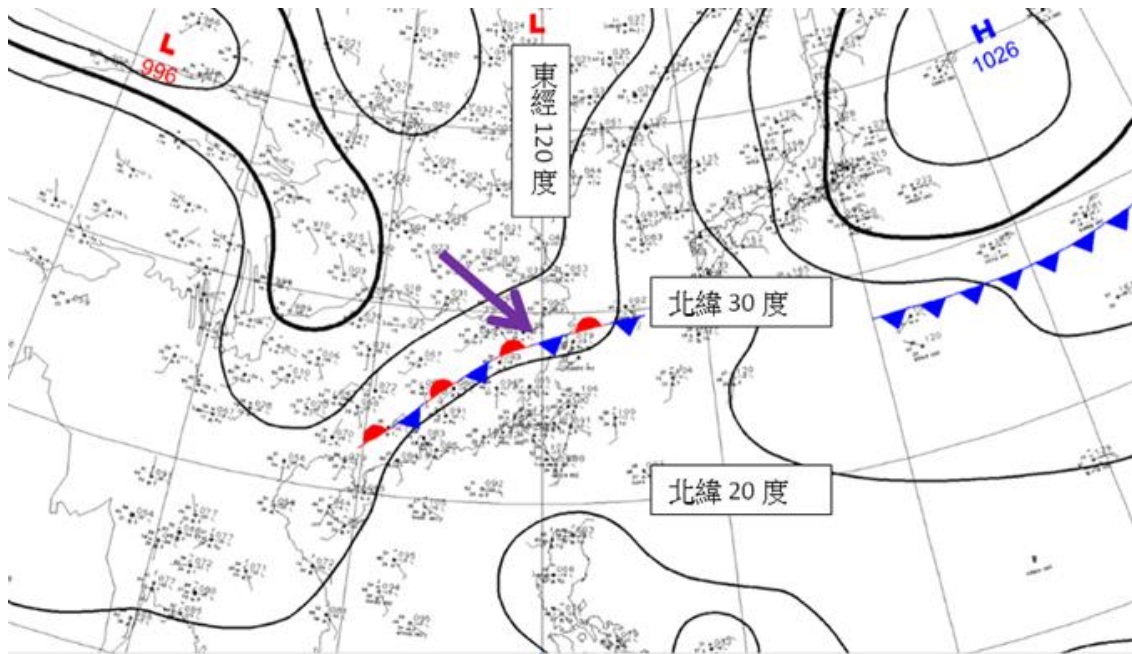
四、滯留鋒生成頻率及其移動變化

先前分析降水時，我們發現除了梅雨之外，亦有許多影響降水的原因，為了確定降水的原因，我們決定利用大氣與水文資料庫中 2011~2018 五六月的地面天氣圖資料來判斷降水原因。

(一)滯留鋒位置座標判讀

為了要判斷是否為梅雨，我們要判斷是否有滯留鋒的存在，以及它的位置是否在臺灣附近。我們想到兩個方法來定義其位置，一是利用該鋒面所接之低壓系統中心的座標，就是標定鋒面右上方所連接的低壓。二是利用滯留鋒與特定經線相交的緯度，若要表示影響臺灣的滯留鋒，最合適者為東經 120 度經線，因為其距離臺灣近，且因為為主要經線，天氣圖上通常會標示，較易判讀。

我們最後選定方法二，方法一的缺點在於判讀不易，且最後判讀完之座標為二維資料，若再加上我們所要分析的降水資料，就須以三維圖表表示，大大增加分析難度，且其所連接之溫帶氣旋是否與降水有關亦是一問題。相較之下，方法二判讀較容易，且鋒面位置資料加上所要比對的資料可用二維圖表表示。此方法惟需克服緯度資料難以目測精準判讀。



圖十、滯留鋒位置判讀示意圖

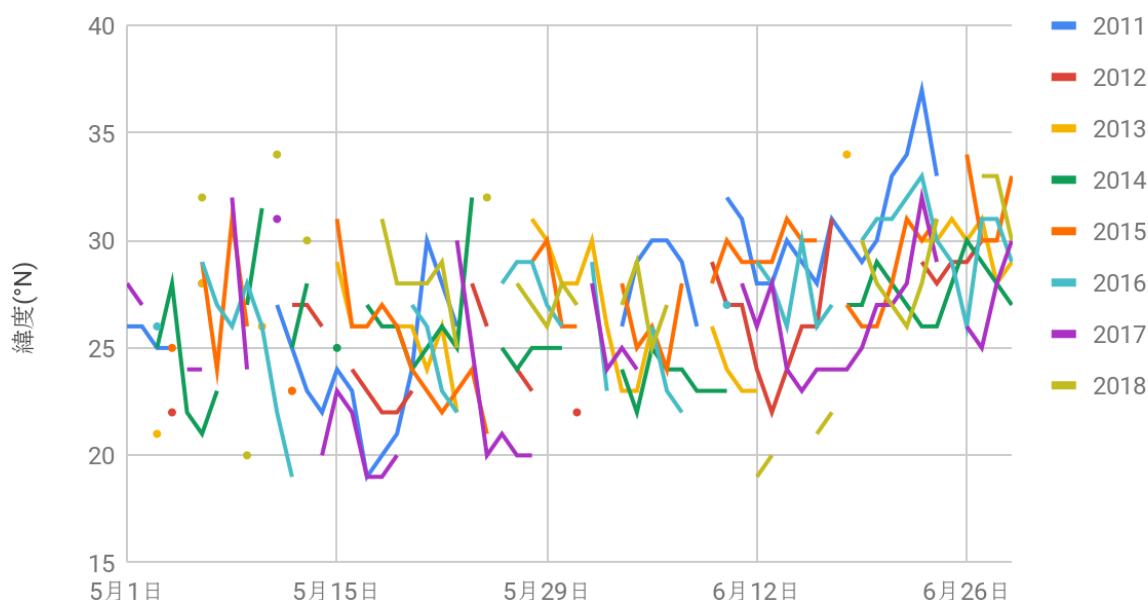
為了增加此方法的準確度，我們利用地面天氣圖上特定地點來辨別緯度，如澎湖群島的緯度約為北緯 23.5 度，故其可做為 23 度及 24 度判讀上之分界。此方法大大增加了判讀的準確度及效率，然而仍有其極限，如特定緯度缺乏明顯分界點，故遇到此類狀況時，我們會將圖片放大，使北緯 20 度與 30 度緯線與東經 120 度經線之交點距離為 10cm，再用尺放在螢幕上測量鋒面之位置，以求精準。

以圖十為例，說明其判斷原理。可觀察到有一滯留鋒位於台灣北方，再尋找東經 120 度經線，找到其與滯留鋒的交會點，即紫色箭頭所指之處。接下來，我們尋找主要緯線，也就是北緯 20 度及 30 度緯線，得知其位於這兩者之間。最後，將北緯 20 度到 30 度緯線的距離，在平板電腦上放大為十公分，用尺測量即可得知交會點距離 20 度緯線約為 8.4 公分，也就是位於北緯 28.4 度，四捨五入後得 28 度。

我們對 2011~2018 年五六月每日 14 時之地面天氣圖進行判讀，選用 14 時的原因為其最接近日中，較 02、08、20 具代表性。我們判讀的對象為與東經 120 度有交點之滯留鋒。判讀完所有圖表後，再進行下一步之分析。

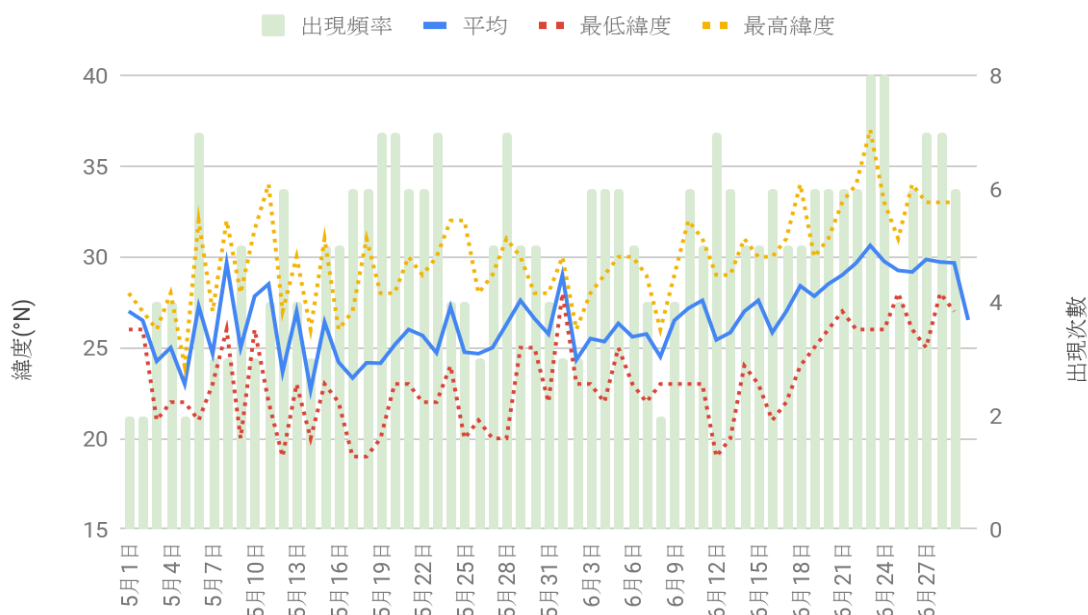
(二)滯留鋒位置變化分析

各地之出入梅時間，會因緯度之差異而有順序上之不同，如臺灣的梅雨季，大約落在五月中到六月中，而緯度較高的日本，梅雨季則落在七月上旬。為了瞭解滯留鋒活動範圍隨時間北移的程度，我們利用先前判讀的滯留鋒位置資料製作圖表，藉此分析其移動特性。



圖十一、2011~2018 五六月滯留鋒位置變化

圖十一是我們利用近八年來滯留鋒位置資料製作，可以發現，滯留鋒生成(通常是由冷鋒轉性而來)的位置並不固定，但在五六月這段時間中大多數生成在北緯 25~30 度，且生成後多徘徊或向南移動。另外，我們可以發現，滯留鋒生成之位置在五六月之間變化不大，但徘徊的位置逐漸向北且有集中的趨勢，尤其以六月中旬北移之程度最為明顯，且五月的滯留鋒生命期較短，通常生成後 1~3 日便消失或東移，且有較高比例之滯留鋒在其生命期中有快速南降或北升。而六月之滯留鋒生命期較長，多數可達五天，部分甚至超過十天，且其「滯留」的情形相對明顯，與典型之滯留鋒較為相似。



圖十二、滯留鋒位置及頻率變化

我們將各年份相同日期之滯留鋒緯度取平均、最大值最小值(以折線表示)，並加上活動頻率(以長條圖表示)，製作出上方圖表。活動頻率的計算方式為過去八年相同日期有滯留鋒活動，且該鋒面與東經 120 度有相交的天數，舉例來說，6 月 24 日之出現頻率為 8，則代表過去八年的每一個 6 月 24 日，都有滯留鋒活動。

經上圖，可以更明顯觀察出滯留鋒北移之趨勢及程度。五月初的平均緯度大約在北緯 25 度，到六月底時已將近 30 度，上升幅度達 5 度。另外，由鋒面最低緯度及最高緯度之變化，亦可看出其活動範圍之北移，且以六月中下旬這段時間北移之程度最大。過了六月中，滯留鋒不再南下至 25 度以南，代表近幾年臺灣在六月中前就已出梅。

另外，觀察其活動頻率，可以發現五月中上旬之活動頻率明顯較低，但大致逐漸增加，並於 5 月 20 前後達到高峰，之後又陸續有兩個較小之活動高峰(5 月 28、6 月 5 日)。進入六月中旬後，活動頻率明顯增加，出現次數皆在 5 次以上，且一直延續到六月結束。

除此之外，我們亦觀察到，五月中之前的這段時間，無論是平均位置，還是最高、最低活動緯度，變化均非常劇烈，和五月中之後較為平緩之折線，形成鮮明之對比。此結果符合我們於上一張圖表中觀察到之趨勢，即五月前期鋒面生命期短，緯度變化較劇烈，但是，我們推論，此結果或許也與這段時間滯留鋒活動頻率較低，可用之資料筆數較少，故最後分析出之結果易受特定極端值影響而出現劇烈變化。

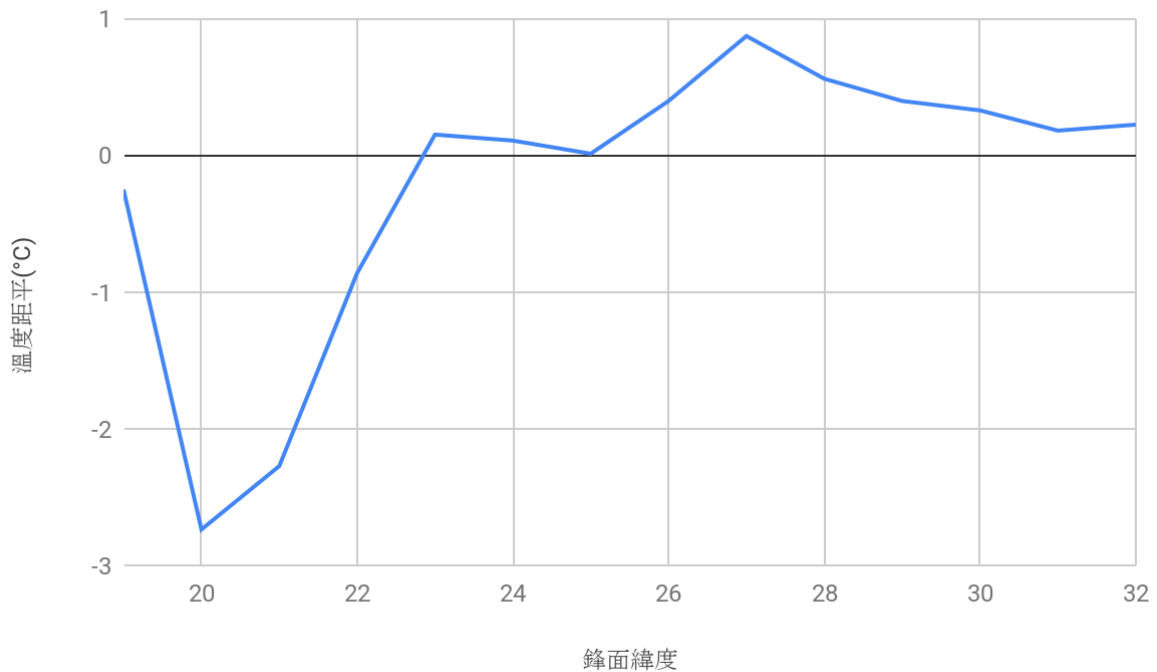
五、滯留鋒位置對各天氣要素之影響

我們藉由以下的研究，希望找出滯留鋒過境前後的天氣變化趨勢及程度。

(一)氣溫與滯留鋒位置之關係

首先，我們想要探討的是溫度在滯留鋒過境時的變化。但是，首先遇到的問題，是五六月的氣溫是逐步增加，以至於我們難以比對五六月中不同時段之滯留鋒，過境時所造成的影響，為了消去這個影響分析結果的變因，我們決定採用距平的方式來計算，我們處理資料的步驟如下。

- 1.將五六月逐日平均氣溫做窗格 5 天之移動平均，為了進一步消除其鋸齒狀之起伏。
- 2.將每個這八年五六月的每一天與其日期所對應之移動平均相減，得到距平。
- 3.將這些距平資料，依照其日期所對應之鋒面緯度資料進行分組。
- 4.取出各組之中位數，並製成折線圖表。

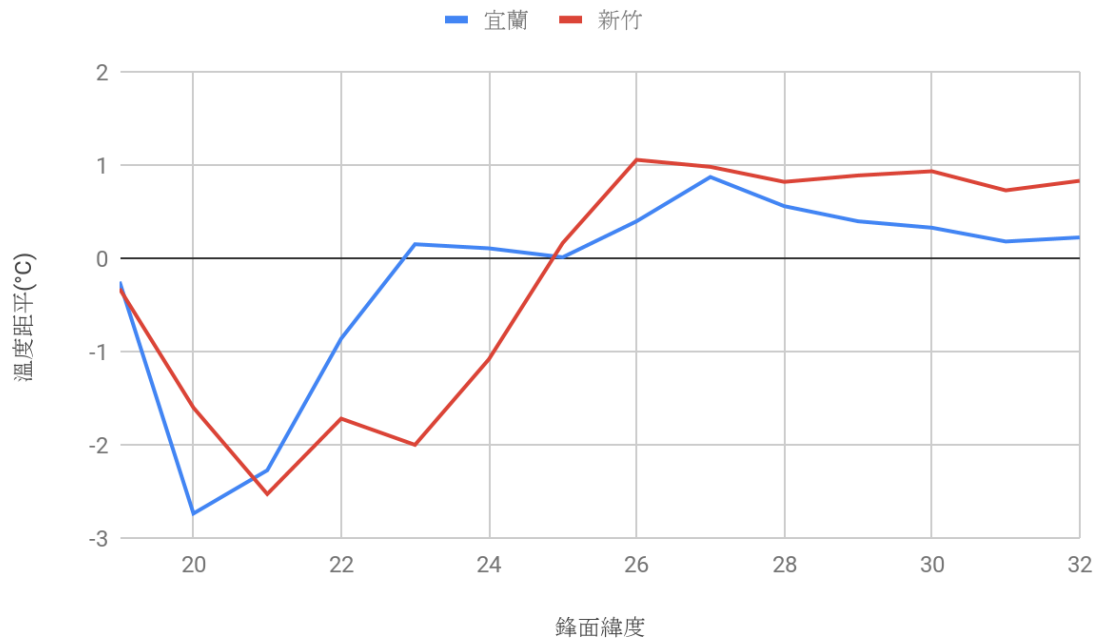


圖十三、鋒面位置對宜蘭測站溫度距平之影響

我們利用以上方法，取個組之中位數，製作出圖表。觀察上圖可以發現，當鋒面位於宜蘭以北，溫度偏高，因為此時主要受暖氣團影響，但當鋒面移至宜蘭測站以南，影響氣溫者為鋒面後方之冷氣團，故此時溫度應低於平均，且在滯留鋒移至宜蘭測站南方後，有伴隨相當程度之溫度降幅。

若更進一步觀察圖表，可發現當滯留鋒位於宜蘭測站(北緯 24 度)時，溫度距平皆落在 0~+1 之間，且變化相對平緩，顯示此時影響天氣者，為一溫暖且均質度高之氣團，唯在鋒面移置測站以北約 1~3 度時(北緯 25~27 度間)，有一小幅之溫度下降。當鋒面來到北緯 24 度時，出乎意料地，溫度並未立即下降，甚至有小幅回升，而明顯之溫度降幅出現在鋒面到了北緯 23 以南後，降幅明顯，達到將近三度，降溫有延遲的現象發生。然而，當鋒面南移至北緯 20 以南後，又再度回暖，顯示此時的冷氣團已無法帶來持久且大規模之降溫。

為了進一步了解延遲降溫的原因，我們決定比較其他測站。我們原先想從之前選擇的數個測站中，找出一個位於臺灣西部，較不受山脈影響的測站，且測站緯度盡量與宜蘭相近。於是我們選擇新竹測站(北緯 24.8279 度)，與宜蘭測站的緯度相差甚小(北緯 24.7640 度)，並將資料以相同方式處理後，進行比對。

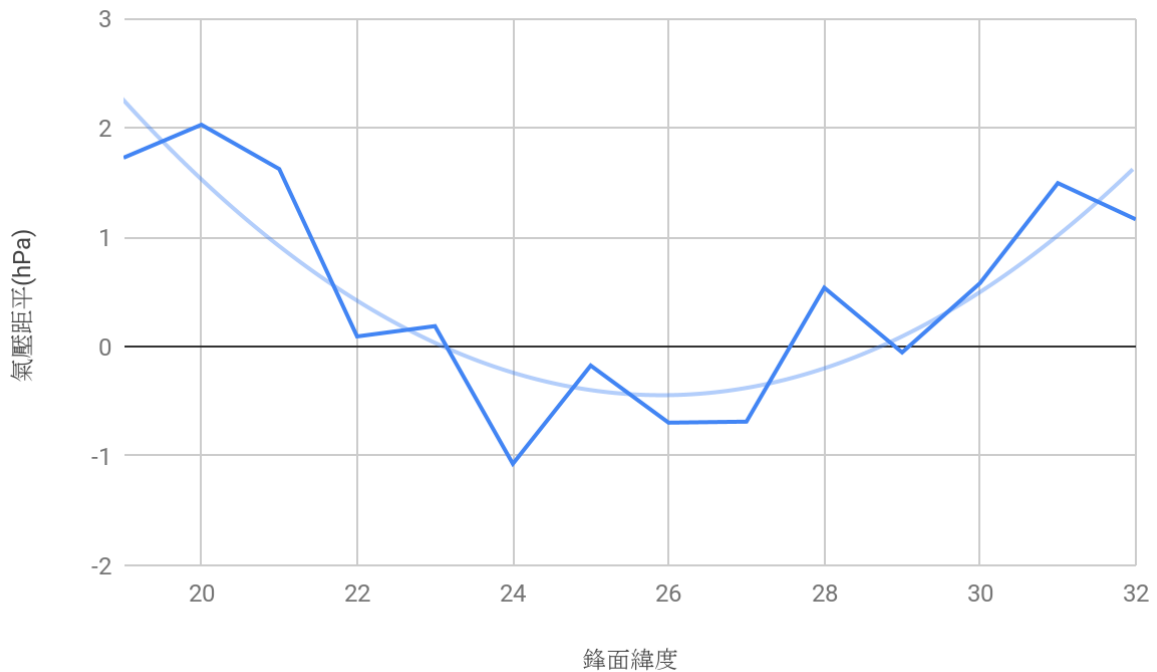


圖十四、鋒面位置對溫度距平之影響

圖十四是我們比較的結果，發現新竹測站並未出現延遲降溫的特性，甚至在滯留鋒仍在其北方時，就有明顯降溫的情形，但兩測站的降溫幅度相近，約落於 3 度左右。此比較證實，延遲降溫本身並非滯留鋒本身的特性，而是地形作用導致，且甚至其降溫是從抵達前就開始，故我們判斷，宜蘭測站之延遲降溫，是因為我們用以標定鋒面位置的東經 120 度位於本島山脈以西，而宜蘭位於山脈以東，當冷氣團從西北方南下時，受到山脈阻擋，而導致延遲降溫。

(二)氣壓與滯留鋒位置之關係

我們推測，除了溫度之外，滯留鋒過境也會導致氣壓之明顯改變，因為鋒面位於兩氣團之間，狹長且通常氣壓較兩側氣團低，為了驗證此推測，並進一步了解滯留鋒過境時之氣壓變化，我們利用上一小節所提到的方法，對氣壓取距平並分組，比較其與鋒面位置之關係。



圖十五、鋒面位置對宜蘭測站氣壓距平之影響

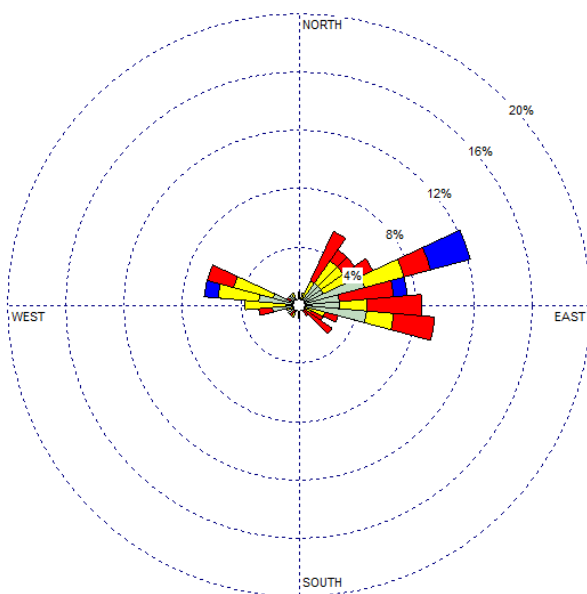
圖十五是我們利用宜蘭測站的氣壓資料(海平面氣壓)，與鋒面座標比較後所得之結果。經過觀察，可以發現當鋒面由北往南，漸漸接近，氣壓逐漸下降，隨著鋒面通過，移至宜蘭南方，氣壓便開始逐漸回升，雖然此圖表所呈現之折線，有許多小起伏，但經由趨勢線(淡藍色)，可更清楚看出氣壓之下降及回升趨勢。

除此之外，我們亦觀察到，當鋒面位於北緯 24 度時，氣壓降幅最為明顯，但是，整體的趨勢並非對稱於測站所在的北緯 24 度，而是大約北緯 25~26 度，呈現鋒面南下靠近時，氣壓緩降，當鋒面到達測站以南後，氣壓便以較快的速度回升。此結果顯示滯留鋒所伴隨之氣壓變化，與冷鋒劇烈之變化特性截然不同。

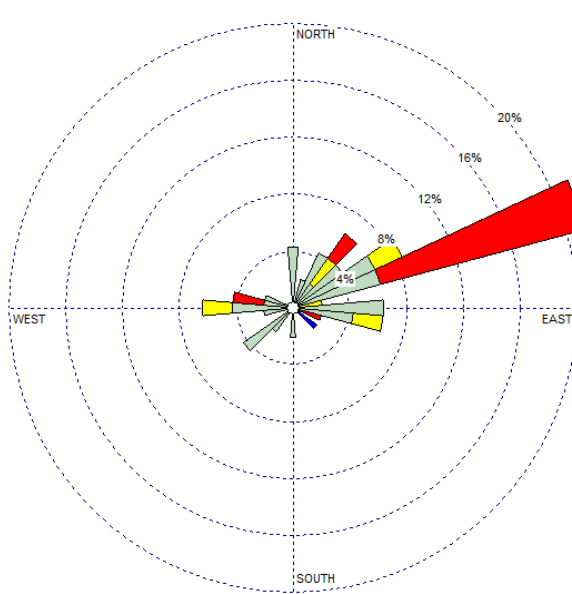
(三)風向與滯留鋒位置之關係

除了氣溫及氣壓外，我們也想知道，滯留鋒通過時，風向是否會改變，而風速是否會增加或減弱，故我們想製作風花圖來比較。

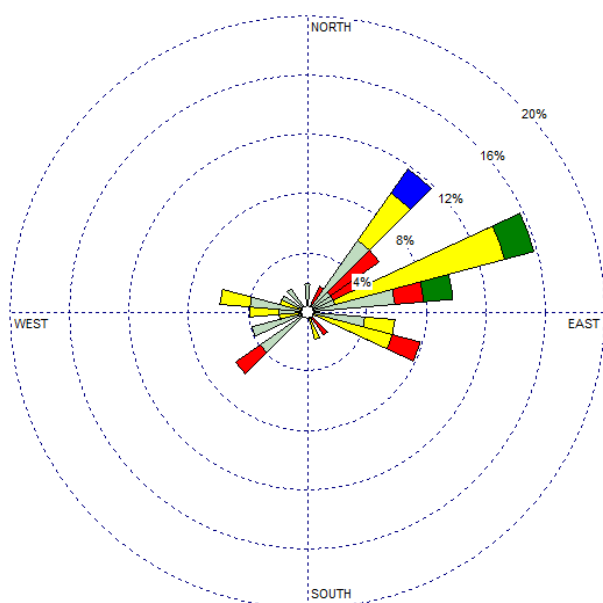
為了看出較細微的變化，我們欲製作 36 方位的風花圖，但不僅 Excel 無風花圖繪製功能，連網路上，也僅有八方位的風花圖繪製工具。最後我們找到國外網站 Lake Environmental 所提供免費下載的 WRPLOT View，成功繪製出 36 方位的風花圖。



圖十六(一)、鋒面位於北方(26~28°N)



圖十六(二)、鋒面通過(24~25°N)



圖十六(三)、鋒面位於南方(20~23°N)



圖示

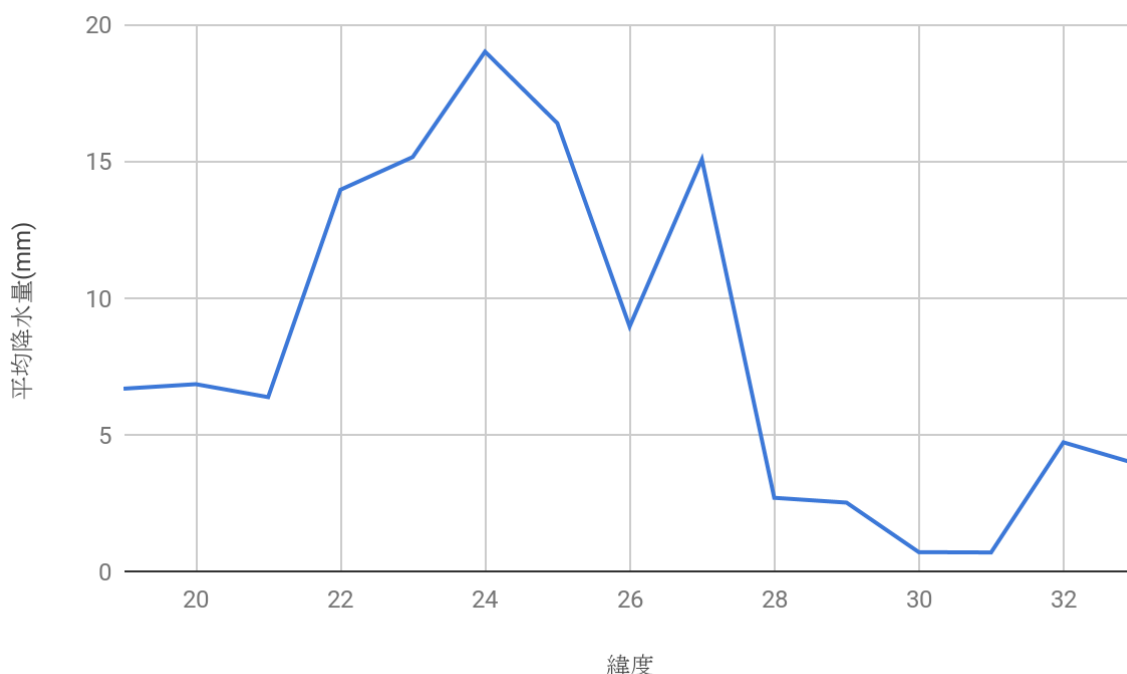
圖十六是我們利用宜蘭測站的風向資料，及鋒面位置所製作出的風花圖。我們可以發現，無論鋒面位於何處，風向皆以偏東風為主。在鋒面南下前，以東風為主，亦有部分西風。但當鋒面南下後，東北風變得較為明顯。然而，整體的變化並未如想像中明顯，此結果應該也與宜蘭三面環山的地形有關。風速也未如我們原先認為，在鋒面通過時會明顯增加，故可發現，滯留鋒在此方面，亦不像冷鋒一樣，會伴隨劇烈之風速增強及改變。

另外，我們發現無論滯留鋒位於何處，東北東風(70度方向)都為最主要的盛行風向，並且，其風速亦較強，尤其當鋒面通過時，東北東風占比尤高，占比超過 20%。可見此季節之

盛行風為東北東風，至於此風向是否亦是本季節帶來降水之主要風向，將於討論進行進一步探討。

(四)降水與滯留鋒位置之關係

滯留鋒位置是影響降水的一個重要因素，為了解其之間的關係，我們利用先前判讀之滯留鋒位置與降水資料，進行下一步的分析。

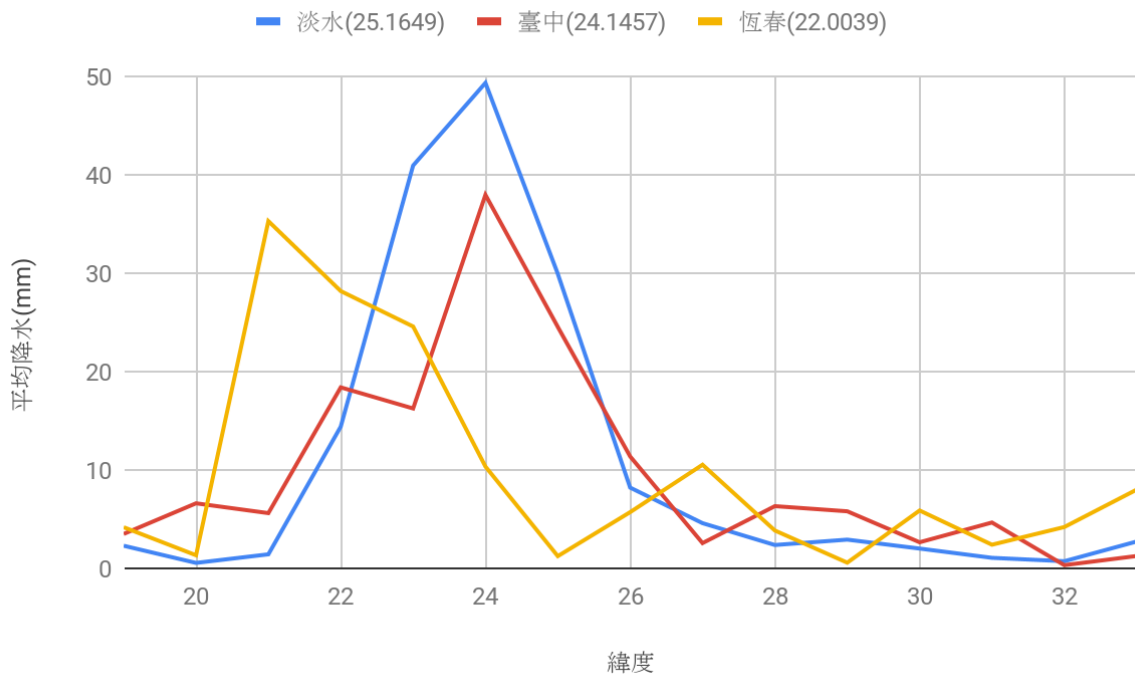


圖十七、滯留鋒位置與宜蘭測站降水之關係

圖十七是我們將滯留鋒位於相同緯度時，當天所對應之降水做平均，並與鋒面緯度做比較所得之圖表。可以發現降水主要集中在當鋒面位於 22~27 度時，且以位於 24 度時平均降水最多，達到大約 19 毫米。我們比對宜蘭測站的緯度(北緯 24.764 度)，發現降水確實集中在當鋒面位於測站附近偏南時。

然而，觀察上圖，可發現宜蘭地區的梅雨降水，因為地形因素，除了鋒面本身帶來的降水外，還受其他因素影響，如當鋒面位於北緯 27 度時，亦有降水高峰，故推測應與地形與特定風向之互動有關。

為了更進一步瞭解滯留鋒位置對降水之影響，並進一步分析其特性及各個地區之差異性，故決定藉由比較先前選定之淡水、臺中、高雄、恆春、花蓮等測站進行比較。在處理資料時，我們發現各測站之降水對鋒面位置之反應差異甚大，有些測站之降水明顯集中當鋒面位於特定位置時，如淡水、台中及恆春，然有些測站之降水則較為分散，如宜蘭、花蓮及高雄。故決定將此兩組分開討論。

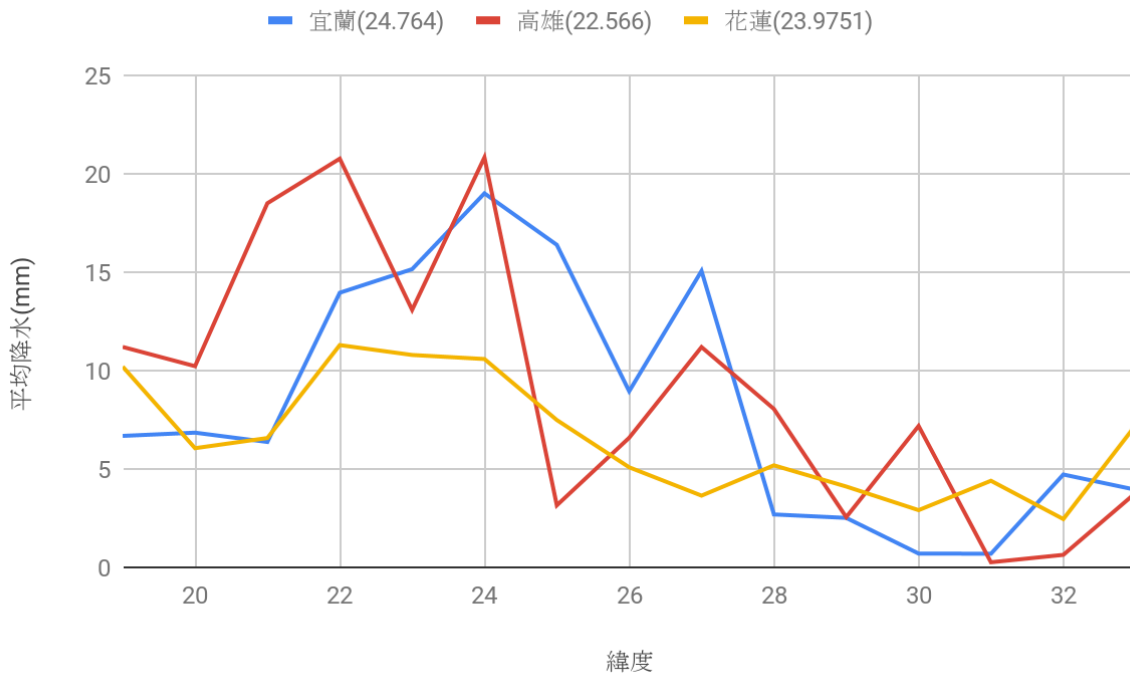


圖十八、滯留鋒位置與降水之關係-降水集中組

圖十八為降水集中發生當鋒面位於特定位置之組別，包含淡水、台中及恆春等測站，觀察並比較其異同，我們可以找出幾個特色：

1. 主要降雨皆出現在當鋒面位於該測站上方或偏北時
2. 鋒面位置對降雨量多寡有高度關係
3. 淡水梅雨降雨量峰值及集中情形為六測站之最

梅雨鋒面過境之處有降雨最大值可先初步驗證我們的分析結果正確，與原先我們推斷滯留鋒降雨位置相符。而由第二點指出，鋒面位置對於此三測站的降雨量關係可能遠大於其他可能變因，也就是我們可由強降雨所發生之地區來判斷出鋒面所在緯度。而淡水測站擁有每年平均 525.7mm 之降水，為六測站之首，這可能與滯留鋒較易停留位置和地形效應有關。而圖十八中恆春測站、淡水測站降水高峰位置位在測站偏南 1 緯度，我們推測其與鋒面成因有關，滯留鋒之重要水氣來源之一為西南季風，而這些潮濕的暖空氣被冷空氣抬升至鋒面北側並造成強降雨。



圖十九、滯留鋒位置與降水之關係-降水分散組

我們將鋒面變化反應較不顯著之三個測站，包含宜蘭、花蓮及高雄測站，互相比較，此三測站看上去降雨趨勢較相似但較不規則。細觀圖十九之三測站降水變化曲線後，大約可歸納出下列現象：

1. 此三測站在鋒面瀕臨時，會出現該地最大降雨
2. 降雨量擁有兩個高峯值
3. 花蓮測站為六者中受鋒面位置影響降雨最不明顯者

第一點在上個圖表已做解釋，而從第二點的現象，可以歸納出當鋒面位在測站上方及在測站偏北 2~3 緯度時會有降雨高峯值，但測站上方仍是降雨最多處。據以上觀察結果，判斷滯留鋒位於測站偏北 2~3 緯度時之降雨高峯值之成因有二，一是鋒面前方之飈線所造成之強降水，二是伴隨滯留鋒南下增強之西南季風，受地形抬升並帶來降水。另外，花蓮測站之降水分散且偏少的情況，推測與該測站位置相對封閉，位在縱谷之開端且西北側之山脈攔截鋒面水氣，導致其對鋒面位置改變之反應不明顯。

綜合以上分析，我們認為此結果與鋒面、風向及地形三者之互動有關，故我們決定於討論中，進一步分析其原因及與其他要素之關係。

伍、討論

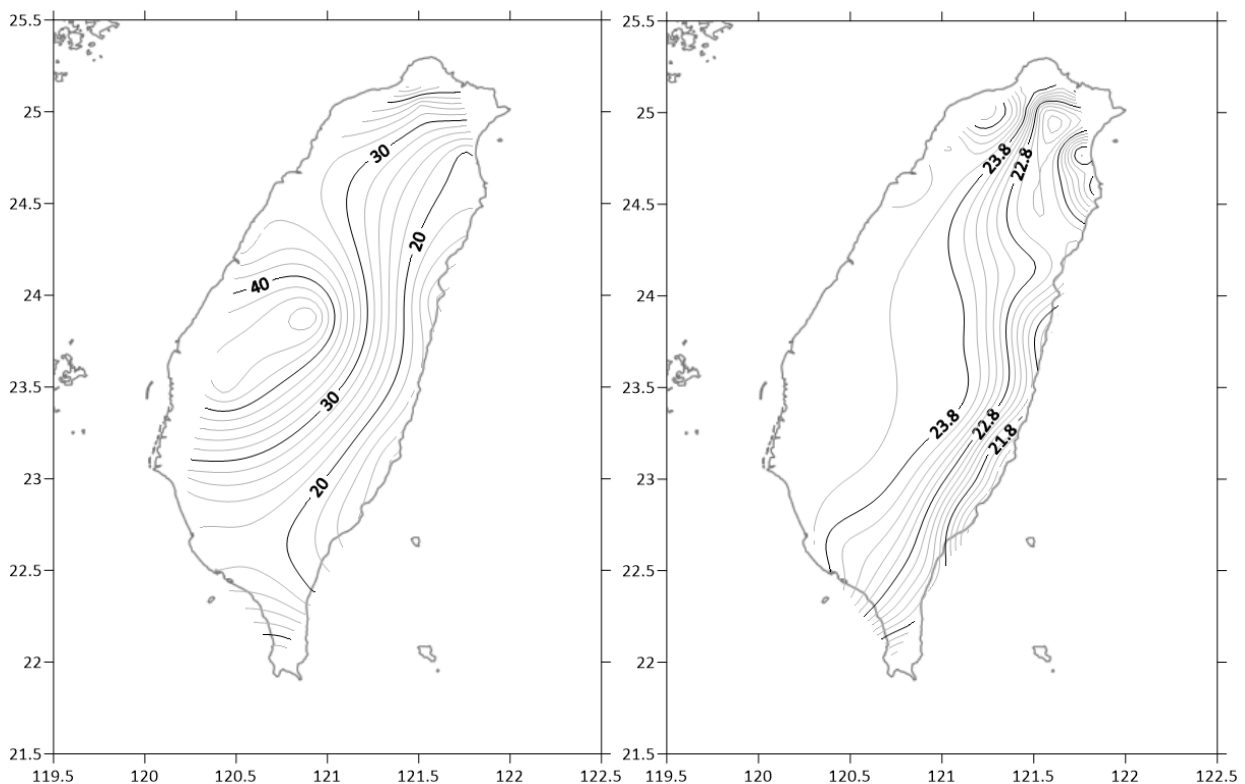
一、梅雨降水分布之因素推測

(一)降水集中度之量化分析

依據上一章節之研究結果，滯留鋒所帶來的降水峰值高度及其發生時滯留鋒所在的位置，會因測站之位置及周遭地形，而存在不小差異。本小節之研究目的為加入更多測站之資料進行分析，以了解全臺各地之平均降水峰值之分布，及此峰值發生時所對應之滯留鋒位置。透過對上述兩現象之研究，可為接下來之原因分析提供研究方向。

首先，需要對降水峰值定義。我們利用上一章節(4-5-4)之兩張圖表(圖十九、二十)，其折線之最高值，來定義各測站之降水峰值。我們亦擴大資料範圍，除原先選定之六測站外，也加入其他局屬氣象站近八年來(2011-2018)資料進行分析。

為展示各地之降水峰值，我們決定使用等值線圖，以呈現其空間關係。下圖為我們利用GIS分析軟體 Surfer 來繪製此等值線圖。



圖二十、降水峰值等值線圖(單位:mm) 圖二十一、降水峰值之對應滯留鋒位置(N)

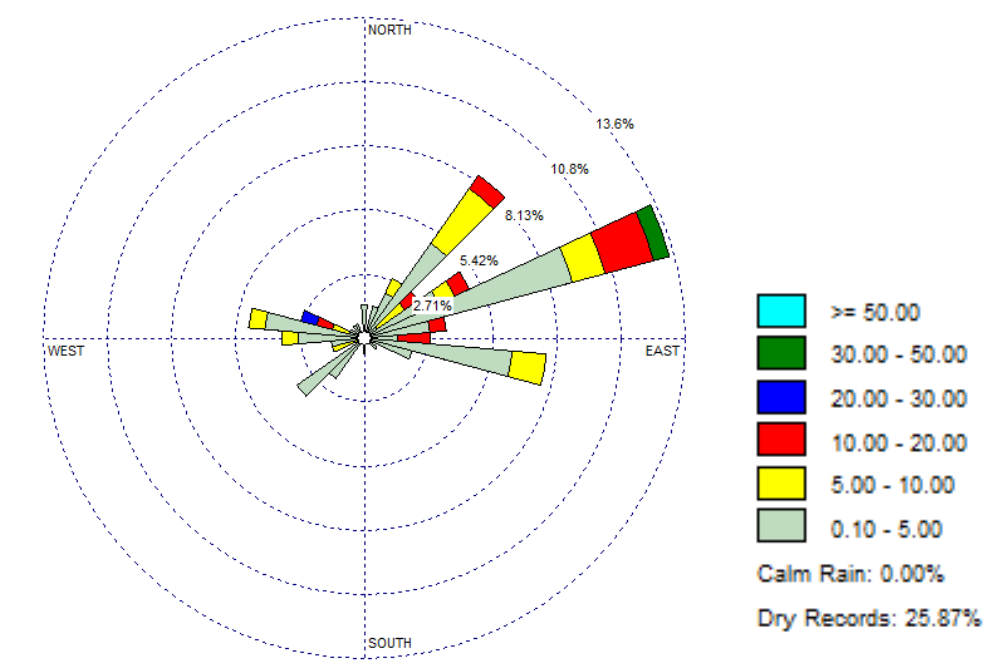
觀察圖二十可發現，中台灣為降水峰值最高的地方，可達 40 毫米，並以此地向外遞減，且以東台灣的降水峰值最低，普遍低於 20 毫米，另外，西北部海岸及恆春半島亦有較大之降水峰值。由圖二十一則可看出，綜觀整個西臺灣，其最大降水皆發生於當鋒面位於北緯 24 度時，而位於山脈以東之花東地區降水峰值則發生於鋒面位於北緯 22 度之時，故主要影

響降水峰值發生的因素，並非測站所在的緯度，依據此結果，推測主要影響降水峰值及對應鋒面位置的因素可能為地形。

(二)風向與宜蘭測站降水之關係

先前我們在研究鋒面位置與降水之關係時，發現了各個測站之降水與鋒面位置之關係，遠比想像中複雜，我們推測其與盛行風與地形之互動有關，為了進一步了解其原因，我們決定比對當梅雨鋒帶來降水時，盛行之風向為何。

我們首先希望了解宜蘭測站風向與滯留鋒降水之關係，為了確定其降水為滯留鋒所導致而非其他因素，我們僅保留滯留鋒位於北緯 20~26 度之降水資料，在將其與風向比對後，繪製出風花圖。

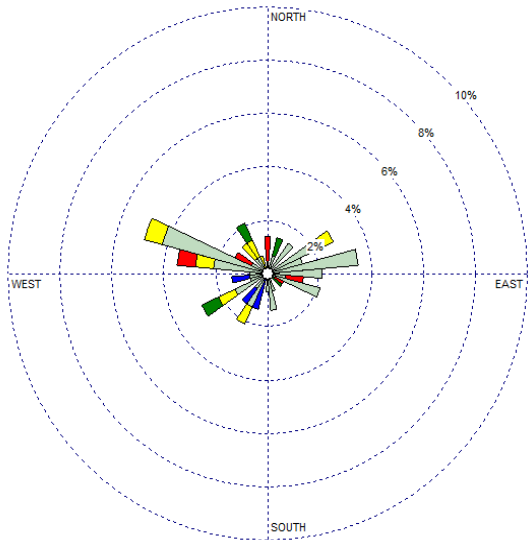


圖二十二、宜蘭測站降水風花圖

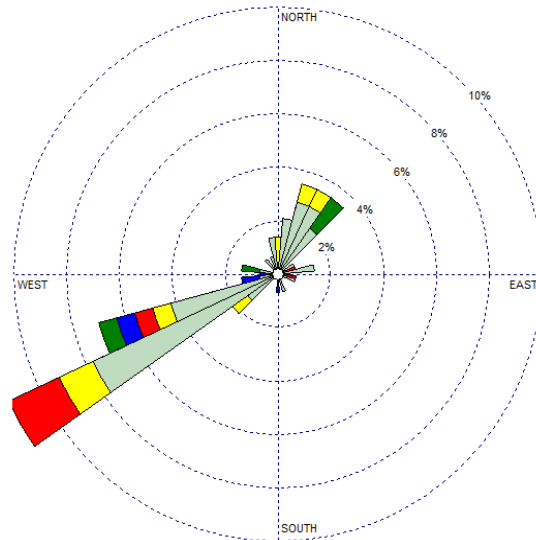
圖二十二為我們所製作之宜蘭測站降水風花圖(單位為毫米/日)。觀察上圖，可以發現帶來降水者，確實以東北風為主，其次為東風及西南風。

(三)各測站之風向與降水量關係之比較

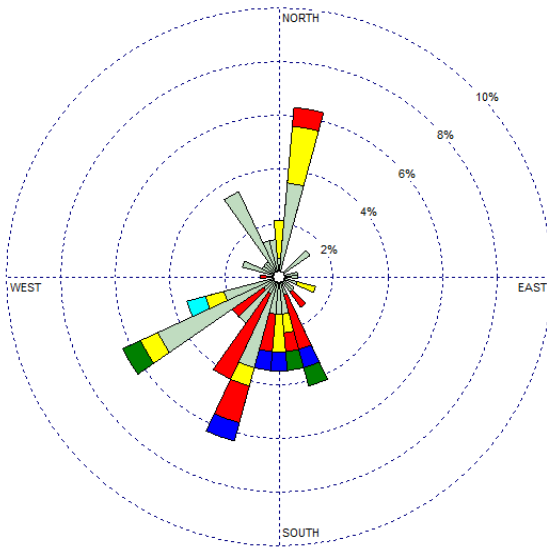
先前我們在研究鋒面位置與滯留鋒的關係時，便發現宜蘭、花蓮及高雄測站，降水並未集中於當鋒面位於特定位置時，反之，淡水、臺中及恆春測站，降水明顯集中在當鋒面位於測站南方 0.5~1 度時，為了解釋此現象，我們認為與降水之成因有關，故我們比較其他測站帶來降水之風向，以進行下一步之研究。



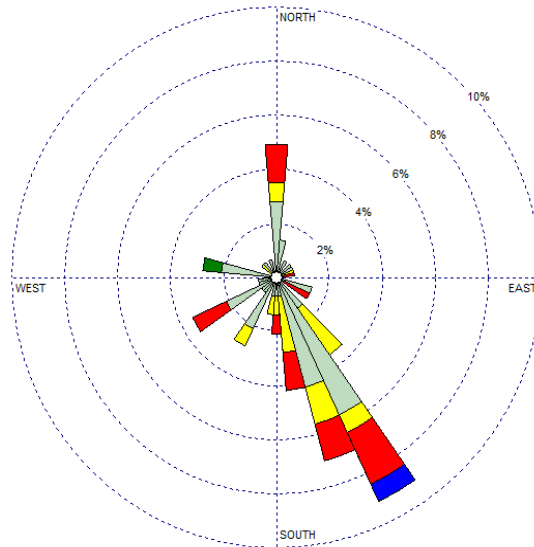
圖二十三(一)、恆春



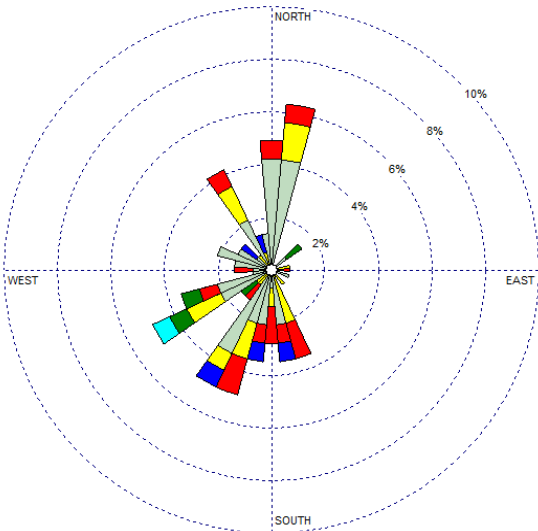
圖二十三(二)、花蓮



圖二十三(三)、臺中



圖二十三(四)、高雄



圖二十三(五)、淡水



圖示(單位:毫米/日)

比較上方各個地方的降水風花圖，我們可以發現，導致各個測站降水的風向，彼此差異頗大，但大致以西南風及東北風為主，此結果，應與盛行季風風向及地形有關。並且，我們觀察到特定幾個測站帶來降水的風向為單一且集中，包含宜蘭、花蓮及高雄(置於右側之風花圖)，而其他三個測站淡水、臺中、恆春(置於左側之風花圖)，降水較平均分布於不同風向，此分組恰對應到我們先前的分組，即降水明顯受制於鋒面位置的測站，其帶來降水之風向較不集中，而降水並未集中於當鋒面位於特定位置的測站，引起降水之風向較為集中。

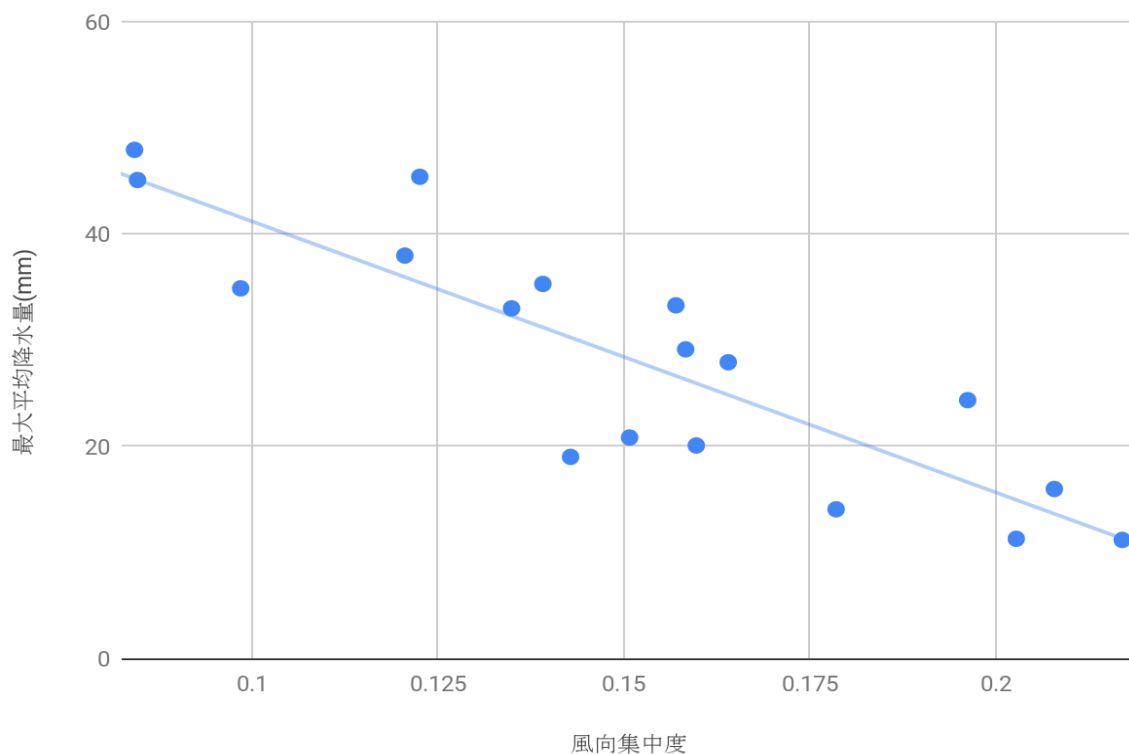
(四)集中度之量化及分析

為進一步分析先前之觀察，我們決定將風向集中度量化，以分析其與降水峰值之關係，我們利用以下方法將風向集中度量化，步驟如下。

- 1.取得特定測站的資料。
- 2.篩選去除滯留鋒位置落於北緯 19-30 度以外的資料。
- 3.篩選去除降水量為 0 的資料。
- 4.依照其風向(36 方位)對資料進行分組，並計算各組之資料筆數。
- 5.取出該測站最主要之風向(資料筆數最多之組別)，再除以各組資料筆數和，即定義為風向集中度。

利用上述方法，可計算所有於滯留鋒影響期間，且由最盛行風向帶來降水之天數，與條件範圍內總天數之比值。

取得位於台灣各地的局屬氣象站近八年來(2011-2018)五六月之降水及風向資料，並去除高山、離島及資料有缺漏之測站後，利用上述方法計算其風向集中度並比對其降水峰值，可比較兩者之相關程度，並以散佈圖呈現。



圖二十四、風向集中度及降水峰值之相關性比較

依據選定測站之資料進行分析後，繪得上方散佈圖，觀察後可發現其符合一趨勢，即**風向集中度越高，降水峰值越低**，此結果不僅驗證先前所觀察到的關係，更進一步呈現其確切之相關性。故若進一步計算相關係數，其相關係數達到-0.864，呈現高度負相關。

綜合上述結果，我們判斷，如果主要的降水是因為當滯留鋒靠近時，其所伴隨之盛行風受地形抬升而導致之降水，則鋒面位於 20~27 度之間時都有降水之可能，帶來降水之風向也較為單一。反之，如果無地形抬升盛行風，主要帶來降水者為鋒面本身，則降水會集中發生於當鋒面位於附近時，而帶來降水之風向，也較不固定。

據此結論，我們分別整理並對台灣各地之降水峰值高度進行分析，並歸納其原因。

造成中台灣、西北海岸及恆春半島單一且較高降水峰值之原因:

1. 無適當地形攔截盛行風
2. 西側不存在山脈阻擋隨高層氣流向東移入之中尺度對流

造成台灣東半部、西南部較低降水峰值之原因:

1. 西南部及東北部迎盛行風，地形抬升導致鋒面位於各處時皆有降水，然此兩地較少有中尺度對流移入，長延時之強降雨較少。
2. 東部因山脈完全阻擋向東移入之中尺度氣旋及颱風線，故降水峰值低。

二、影響滯留鋒降水各因素綜合比較與推測

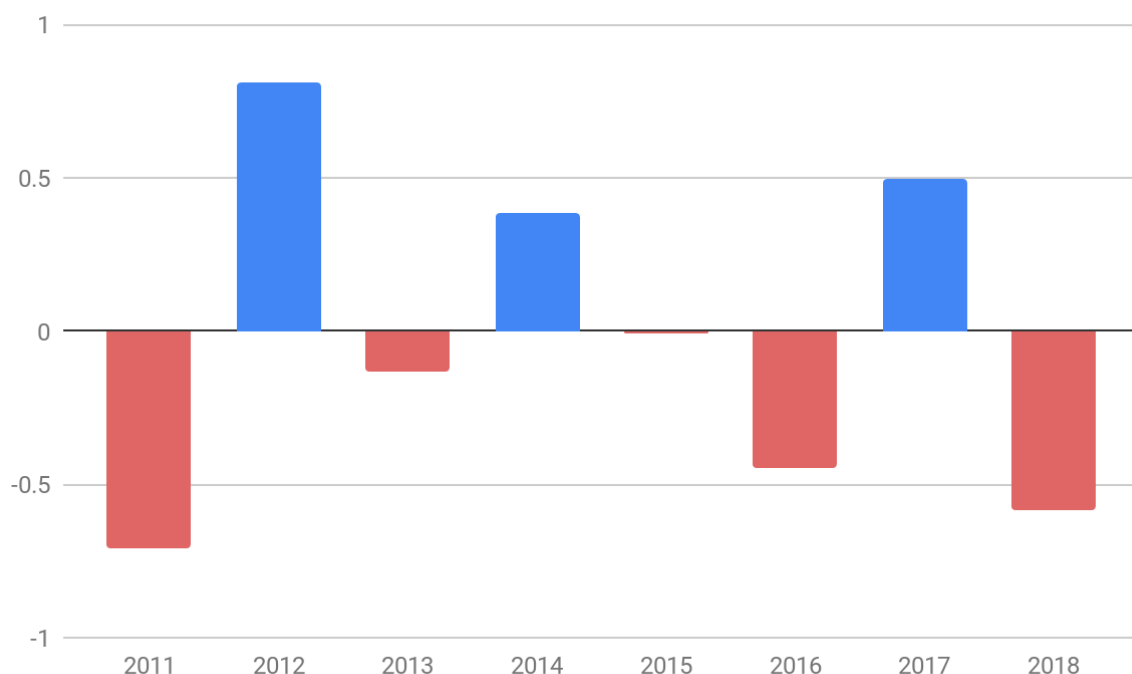
先前在分析五六月降水之歷年變化趨勢時，五六月總降水量並不穩定，若我們更進一步計算宜蘭測站之降水量變率，則其值高達 36.78%，且與我們所挑選出之其他測站比對，此數值不算大，由此可見五六月降水之不穩定性。另外，我們亦利用先前的滯留鋒位置資料，將其他因素導致之降水剔除，僅保留梅雨降水，更可進一步發現，其佔宜蘭測站五六月總降水之比例約為 55%，可見五六月，以宜蘭測站而言，仍有高比例之非梅雨降水，故在將梅雨降水與其他因素比較時，不宜將所有五六月降水，皆視為梅雨降水。

為了要進行下一步之綜合比對並找出究竟是甚麼因素影響梅雨帶來之降水量，我們決定要設計出一個，能夠客觀代表全臺灣該年度梅與降水強度的指標，以進行比對。

當我們在計算降水量變率時，便發現此公式可以排除掉因為各個測站之總降水量差異所導致之比較上的困難，故我們決定參考降水量變率的概念，來設計此指標。以下是我們設計出之公式。

$$\text{梅雨降水強度指標 } P = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{p_i - a_i}{a_i}, \text{ } n \text{ 為選用的測站總數, } i \text{ 為我們給予該測站之編號,}$$

p_i 為編號為 i 的測站該年之梅雨降水量， a_i 為編號為 i 的測站歷年平均梅雨降水量，由於此公式並未使用二維內插，故在選擇納入此計算範圍之測站時，應盡量使各測站平均分布在一個區域，以免因單一測站影響其對整體之代表性，而此次我們選擇的六個測站，大致平均分布在全臺各地，固可使用此計算方式，計算每一年的梅雨強度。



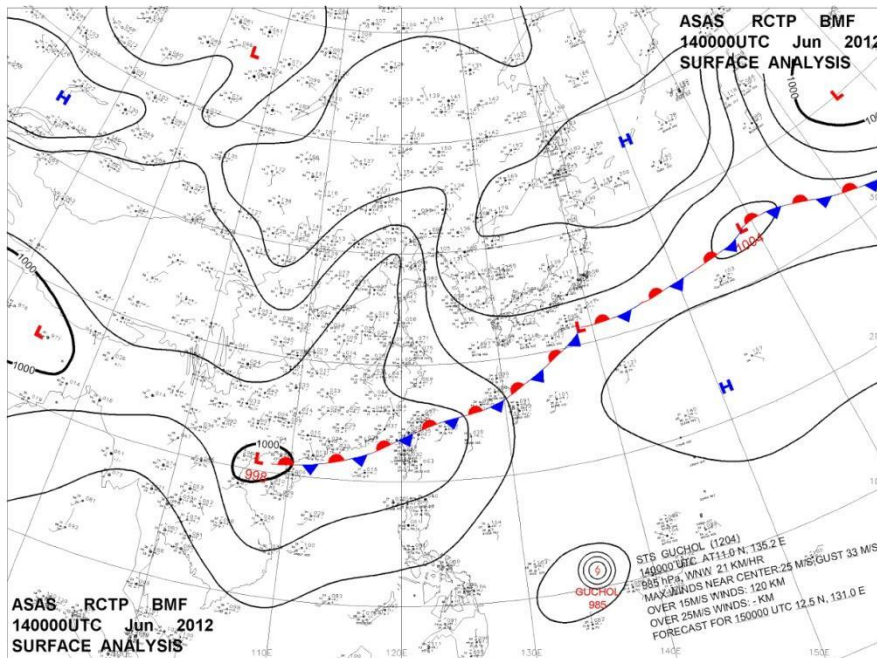
圖二十五、2011~2018 梅雨強度指標變化

圖二十五是利用資料及公式，所計算及繪製出的梅雨強度指標變化。利用此資料，我們首先與滯留鋒位於臺灣附近(北緯 20~26 度之間)的天數作相關係數比較，發現其相關係數為 0.623，證實該年的梅雨強度，雖然與鋒面位於臺灣附近的天數有關，但關聯性並不算高。

另外，亦與該年滯留鋒之平均位置做相關係數比較，兩者間的相關係數達-0.868，呈現高度負相關，此比較顯示，最直接與梅雨強度有關者，是滯留鋒之平均位置，而非其影響臺灣的天數，換言之，若有越多鋒面可以南下到臺灣中南部一帶，則為臺灣帶來的總體降水將因此增加。

三、個案分析-2012 年 6 月梅雨事件

為了進一步了解梅雨的實際影響，是否與我們的統計結果相符合，我們決定進行個案分析。我們決定從近年來梅雨影響最明顯的 2012 年中，選出一個個案來探討，最後選定的個案為該年 6 月 9 日到 6 月 15 日的梅雨事件，該事件普遍於全台各地帶來災情。

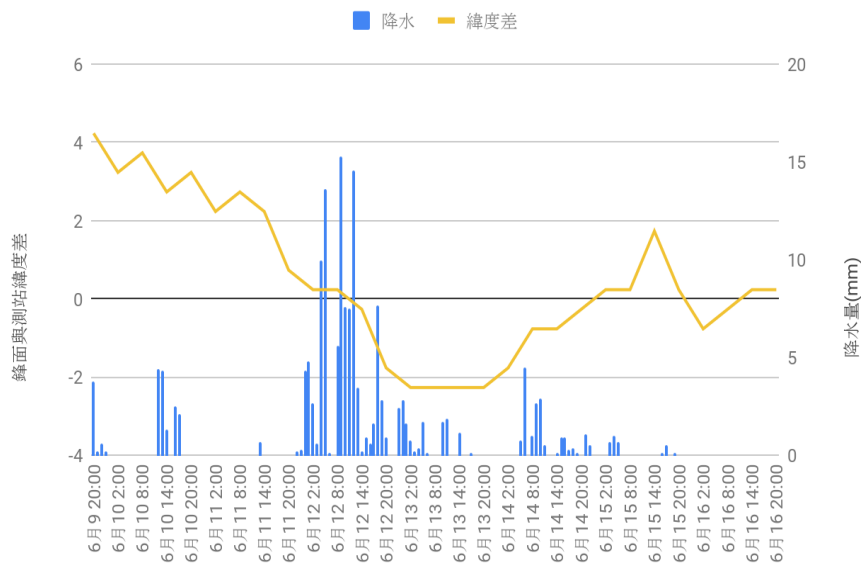


圖二十六、2012.06.14 天氣圖

(一)事件背景

此事件普遍於台灣各地帶來顯著降水，造成該事件之滯留鋒生成於 6 月 9 日下午，約北緯 29 度，之後兩天(6 月 10 日-6 月 11 日)徘徊於北緯 27 度附近。11 日下午開始快速南下，於隔日(12 日)凌晨抵達北台灣，停留 12 小時後繼續南下，於 12 日晚間抵達南台灣，停留於北緯 22 度約一天。13 晚間再度開始北移，於 15 日中午移至台灣北方海面。

(二)該事件之降水、氣溫、氣壓變化



圖二十七、鋒面位置與宜蘭降水量之關係

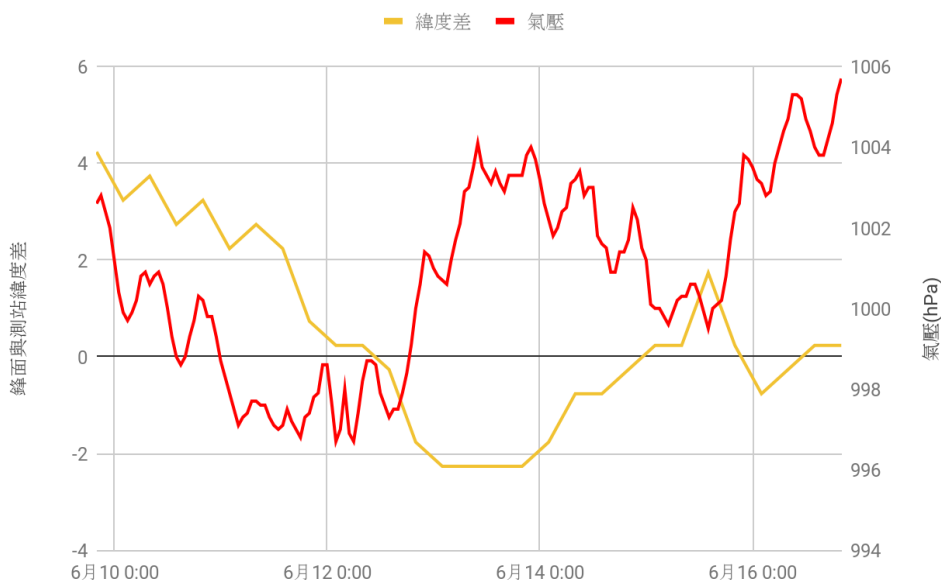
圖二十七為逐時降水及滯留鋒與測站之緯度差之相關性比較，正值表示鋒面位於測站以北。觀察上圖，發現主要降雨出現在緯度差由 0.5 度下降至-1.5 度(6 月 12 日)的這段區間，這現象應證了我們降水發生在鋒面偏南時的結論。至於 6 月 14 日後鋒面北移至測站附近卻無較明顯降水，利用該日之地面天氣圖，可知此結果是因為鋒面及大低壓帶中，由中尺度對流發展而成的熱帶氣旋(即稍後之 201205 泰利颱風)，吸收潛熱並攔截北上的西南季風水氣，導致滯留鋒面水氣較為不足，無法帶來明顯降水。

(三)氣溫、氣壓及風向之變化



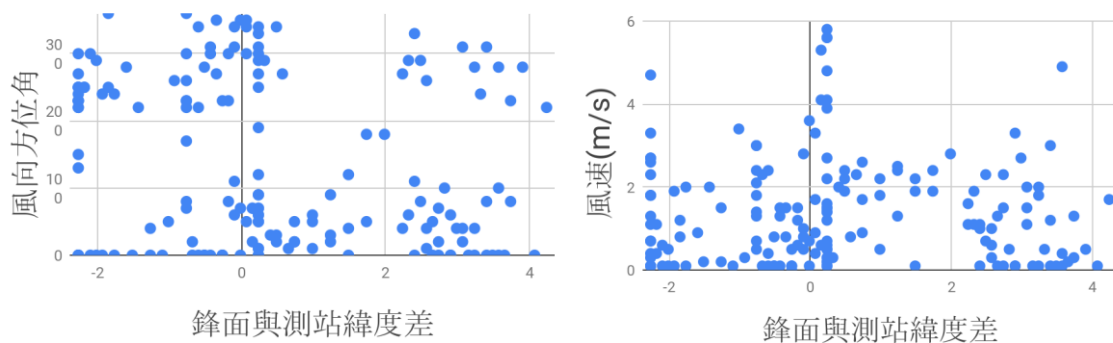
圖二十八、鋒面位置與宜蘭溫度之關係

上圖是我們利用宜蘭測站氣溫資料及鋒面位置分析出的結果。觀察上圖，可發現當鋒面位於測站以北時，溫度落在 25 度左右，然當鋒面南下至測站時，氣溫並未立即下降。顯著的氣溫下降延遲了約一天，也就是當鋒面移動到鋒面以南 2 個緯度後，造成約 6 度的降幅，然而此降溫並不持久，降到低點後旋即回升。此結果也印證了我們宜蘭測站在鋒面南下時，會延遲降溫的特性，降溫幅度則因先前使用的是日平均，而現在我們使用的為小時平均，故顯示出的降溫幅度較大。

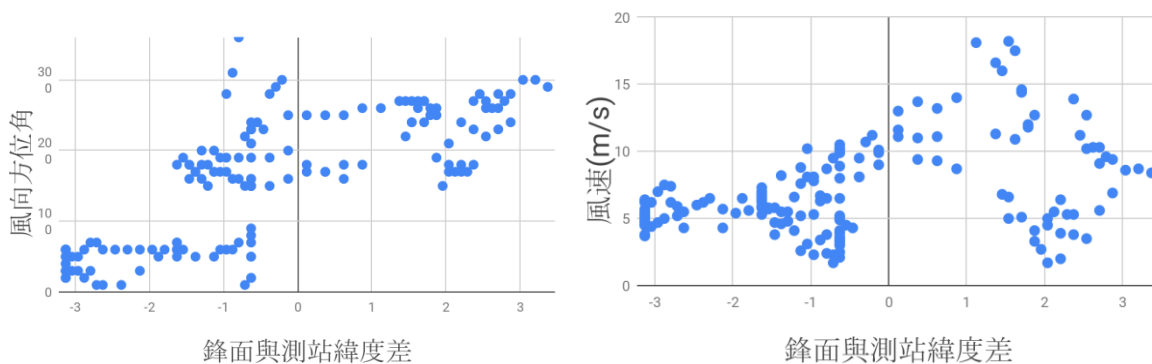


圖二十九、鋒面位置與宜蘭氣壓之關係

上圖是我們利用宜蘭測站氣壓資料及鋒面位置分析出的結果。觀察上圖，可發現當鋒面位於測站以北時，氣壓緩降，逐漸降到 997 百帕。然而鋒面過後，氣壓旋即快速回升，上升幅度達到 5 百帕。而在 15 日後，鋒面再度靠近測站，亦可以發現類似的情況。



圖三十、鋒面位置與宜蘭的風向風速之關係



圖三十一、鋒面位置與彭佳嶼的風向風速之關係

上圖是利用風向、風速對鋒面位置做散佈圖所得的結果。圖中的每一個點表示此個案中其中一個小時的觀測資料，而鋒面位置則是將先前六小時一筆，由地面天氣圖取得的緯度資料，做內插後在減去測站的緯度，即若鋒面與測站緯度差為正，則表示鋒面此時位於測站以北，若為負，則代表位於測站以南。

先前在統計宜蘭測站的風向風速與鋒面位置關係時，便有發現宜蘭測站的封鎖受到的影響並不大，故我們除了宜蘭測站外，亦選擇了幾乎不受地形影響的彭佳嶼測站，來進一步了解風向風速受鋒面位置的影響，以及比較其特色。

經過比較，我們可以發現宜蘭測站在鋒面通過時，伴隨的風向轉變及風速變化，遠不及彭佳嶼測站來的明顯即一致，當鋒面在彭佳嶼測站以北時，風向隨鋒面靠近由西風漸漸轉為西南風，而當鋒面抵達測站以南後，便轉為以東北風為主，此結果較符合原先之推測，即鋒面為兩氣團勢力之分界，故鋒面通過時風向反轉，而對於宜蘭測站，則較不明顯。至於風力，鋒面在宜蘭測站以北約 0.2 度會出現最大風速，彭佳嶼在鋒面南下後，風速有明顯下降並趨於穩定的趨勢。

陸、結論

我們將先前所有研究結果及討論之內容進行統合，並將結論依據性質分為三個不同面向。

一、五六月天氣性質及近年變化趨勢

(一)五六月的氣候型態以六月中旬為界，在此之前氣溫大致以每個月 2°C 的速度增加，且氣壓持續下降至約 1005 百帕，降水量偏高且亦有顯著降水，屬於梅雨季之天氣型態，而六月中旬以後，溫度以每個月 5°C 快速上升，氣壓亦快速回升，且明顯轉乾。

(二)近年來五六月降水大致以 2012 年為分界，在此以前降水較多，且極端案例亦多，此後數年降水量較少，極端降水案例亦偏少。

二、滯留鋒之綜合性質及降水特性

(一)滯留鋒的活動亦以六月中旬為分界，在此之前鋒面活動之軸線為北緯 25 度，範圍則在其南北 5 度之間。在此之後鋒面快速北升至北緯 30 度南北 5 度之間。呼應先前天氣型態之轉換，故六月中旬最適合作為統計上之北臺灣梅雨季結束，夏季開始。

(二)五六月期間，滯留鋒活動頻率漸增，且五月之滯留鋒生命週期短，移動較快，而六月之滯留鋒生命週期長，較接近靜止鋒。

(三)滯留鋒影響約可帶來 2~3°C 之溫度降幅，及 2~3 百帕之氣壓降幅，且在無地形影響下，當鋒面在測站北側時即開始造成氣溫氣壓下降，鋒面在測站南方時，氣壓旋即回升，氣溫持續下降。待鋒面移至測站南方 3~4 個緯度時，氣溫開始顯著回升。

(四)滯留鋒位於北緯 24 度時，會為西台灣帶來最大降水，位於北緯 22 度時，則會為東台灣帶來最大降水，且降水峰值以中台灣最高，南臺灣、北台灣其次，東台灣最低。

(五)滯留鋒降水之峰值與該測站之風向集中度高度負相關，即造成降水之風向多元，則降水傾向集中發生於鋒面位於特定位置之時，。

(六)梅雨之降水強度與該年度滯留鋒平均緯度相關，若平均鋒面位置偏南，則降水將明顯較多。

三、宜蘭測站之獨有特性

(一)宜蘭測站此季節之盛行風為東北東風(70°)，且在鋒面通過時，此風向占比尤高。此風向亦是最主要帶來降水之風向。

(二)宜蘭測站在滯留鋒南下時，因地形阻擋而會有降溫延遲之現象，約較同緯度測站延遲 3 個緯度，即鋒面抵達北緯 23 度後，才有明顯降溫。

柒、未來展望

本研究已對五六月的氣候綜合特性及滯留鋒性質做出初步地探討，未來我們期許能將其利用於特定測站的梅雨降雨預報之改善，並增進社會大眾對梅雨的了解程度，然而我們的研究在時間之解析度上稍顯不足，若能使用「逐小時」之資料並對更多測站做出綜合分析，雖大幅增加作業上的耗時及分析工具之需求，但勢必能改善並提升本研究之可應用性。

此外，若利用此研究求得之風向集中度及降水峰值之關係，並進一步探討地形對風向、降水的確切影響，則可利用一地之風向特性，了解該地降水峰值發生之趨勢及其所對應之滯留鋒位置，並應用於梅雨發生時之災防及預警。

捌、參考資料

一.大氣水文研究資料庫

<https://dbar.pccu.edu.tw>

二.宜蘭測站 <https://www.cwb.gov.tw/V7/eservice/docs/overview/organ/stations/46708/index.htm#5>

三.臺灣氣候變遷推估資訊與調適知識平臺

https://tccip.ncdr.nat.gov.tw/v2/past_station.aspx

四.中央氣象局-開放資料平臺

<https://opendata.cwb.gov.tw/index>

五.台灣颱風論壇

<http://twtybbs.com/forum.php>

六.風花圖繪製軟體下載連結

<https://www.weblakes.com/products/wrplot/index.html>

七、等值線圖繪製軟體下載連接

<https://www.goldensoftware.com/products/surfer>

八.NOAA-歷年南方震盪指數

<https://www.ncdc.noaa.gov/teleconnections/enso/indicators/soi/>

九.災害天氣與氣候彙整月報 2012 年 5 月 - (NCDR)WATCH

<https://watch.ncdr.nat.gov.tw/climate/pdf/201205.pdf>

十.災害天氣與氣候彙整月報 2012 年 6 月 - 颱風路徑

<https://watch.ncdr.nat.gov.tw/climate/pdf/201206.pdf>

十一.日本氣象廳

<https://www.jma.go.jp/jma/index.html>

十二.戚啓勳（2008）。*大氣科學*（1版）。臺北，弘揚

【評語】 051905

該作品利用中央氣象局的資料，仔細分析比對，來驗證其對蘭陽地區降雨的特性，分析算績密細緻，可惜在滯留鋒的界定上不夠清楚，對五六月天氣氣候性質，宜蘭測站之獨有特性等作出結論，實為鄉土研究很好範例。但研究方法以及內容仍可再加強。

摘要

本研究以宜蘭測站五六月之資料為分析對象，並輔以其他各測站之資料，以進行分析比對，研究分為兩大面向，一是各天氣要素與時間之關係，探討五六月氣候之統計上之特性及近年來之氣溫、降水變化趨勢。二是各天氣要素與滯留鋒位置之關係，探討滯留鋒帶來之溫壓變化及降水特色。

在經過研究討論後，有以下結論:

- 一、五六月為冬夏半年之過渡，且北臺灣以六月中旬為梅雨季及夏季分界。
 - 二、近年來有溫度提升的趨勢，然五六月之極端降水無顯著增加。
 - 三、滯留鋒降水有集中或分散兩特性，與帶來降水之風向有關。
- 根據以上研究結論，研究者希冀能將此結果作為改善預報之參考，並對梅雨乃至五六月氣候特性做進一步之分析。

壹、研究動機

梅雨是臺灣主要的降雨來源之一，尤其梅雨的降雨時間正好為臺灣中南部乾季過後的首波降水，因此極為重要，歷史上曾出現幾次嚴重的乾梅，使水資源嚴重不足導致限水，造成民生的不便利性以及經濟上的偌大損失；相反地，有時梅雨伴隨著熱帶氣旋及對流雲系，兩者特色合而為一帶來了長時間的強降雨，導致嚴重的水災、土石流及海水倒灌.....等災害，是一個過猶不及的最佳範例。

我們希望藉由觀察滯留鋒的的各種變化與雨量關係以及其他相關資訊的結合與分析，使我們更加明瞭梅雨對我們的影響。

貳、研究目的

- 一、探討宜蘭測站(2001~2018)五六月氣候特性及變化
- 二、探討宜蘭測站(2001~2018)梅雨降雨量變化趨勢
- 三、探討五六月滯留鋒面出現頻率及其移動變化
- 四、探討滯留鋒過境時天氣(風向,氣溫,氣壓,降水量)所產生的影響

參、研設備與器材

- 一、1998~2018各局屬氣象站之地面觀測資料
- 二、2011~2018五六月之地面天氣圖
- 三、Google 試算表及文件
- 四、WRPLOT View - Version 8.0.2(風花圖繪製)
- 五、Surfer 16(等值線圖繪製)

肆、研究過程與結果

一、資料範圍之設定及取得

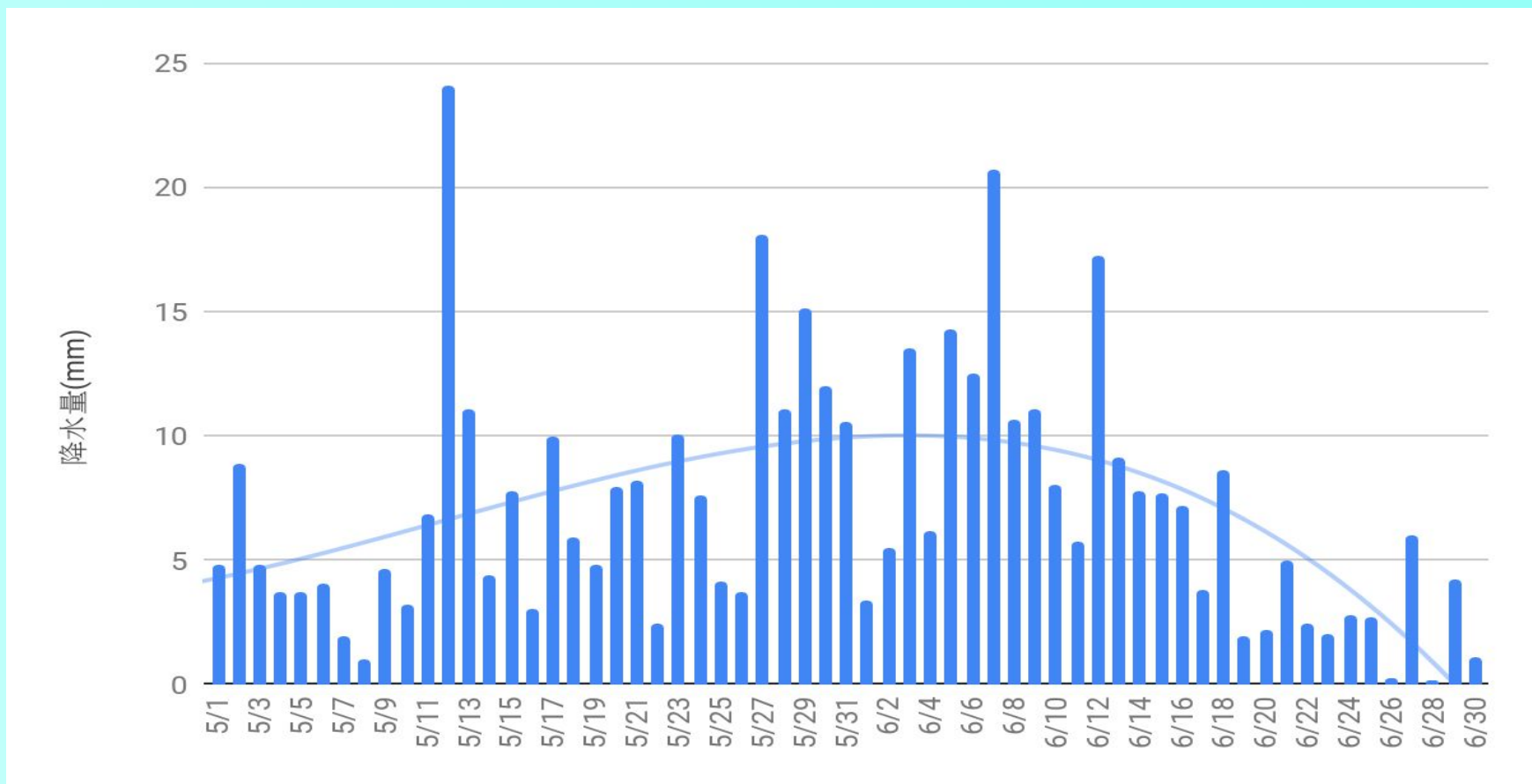
本次研究以宜蘭測站為主要研究對象，為比較宜蘭測站與其他區域測站之差異，故選擇五個測站做為比較對象，因考慮具區域代表性、測站歷史、資料完整性等因素，我們選擇淡水、臺中、高雄、恆春、花蓮等測站比較。

二、五六月氣候特性分析

(一)降水特性之分析

宜蘭五六月份的降雨通常為「東北季風的地形雨」、「對流雨」及「鋒面雨」所致。而圖一為近年五六月每日降雨之平均，我們可以發現，特定幾日的平均降雨量出現了極端值。

由圖一可以看到前半段時期宜蘭受東北季風影響較大，降雨為長期的地形雨，雨量較平均；直至六月上旬，開始頻繁地受到滯留鋒面影響，降雨量落差加大，直到六月中旬降水快速減少，仍不時有零星鋒面影響。

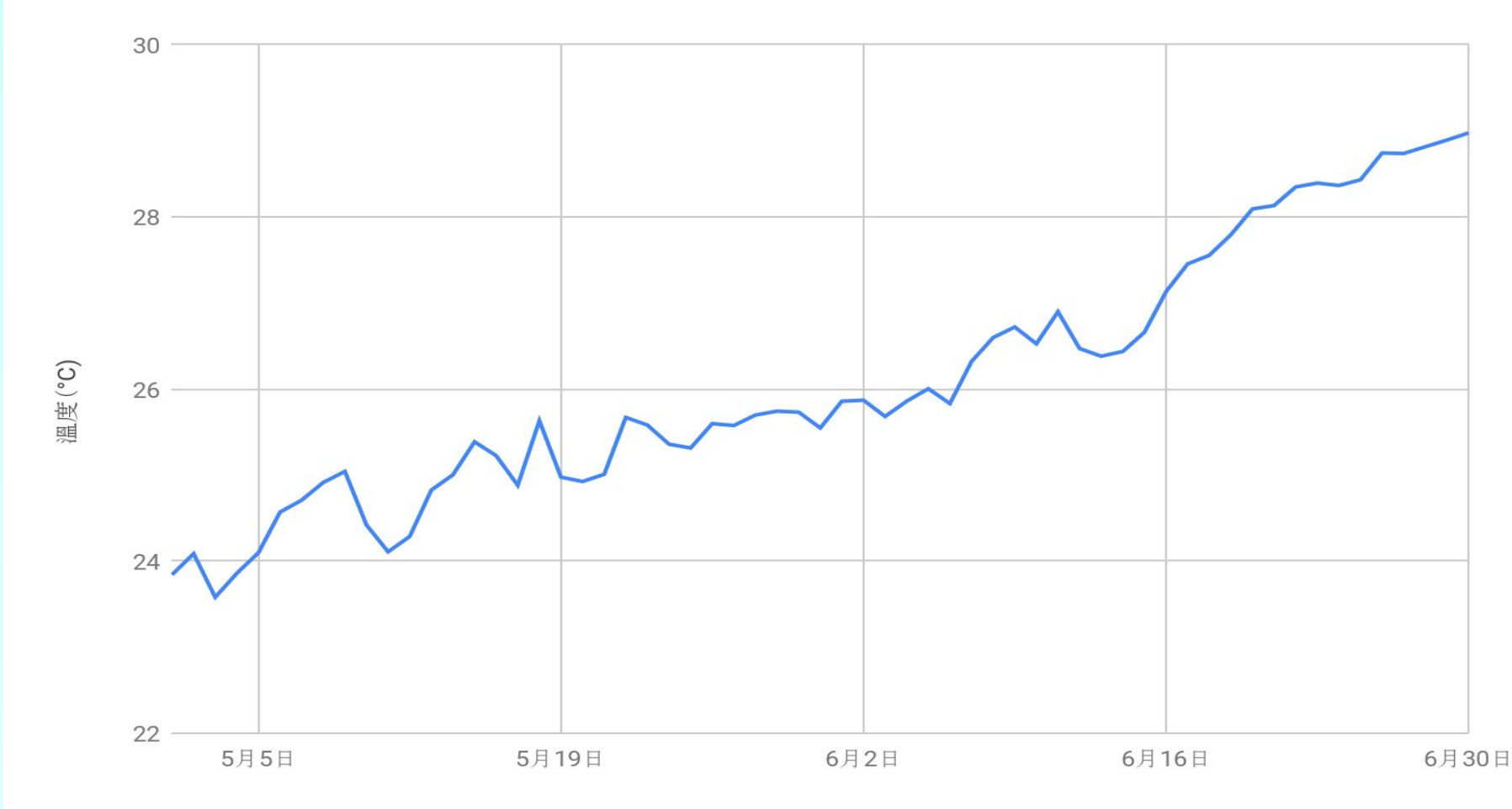


圖一、2001~2018年宜蘭五六月平均降雨量

(二)氣溫上升程度之分析

為了分析氣溫上升之程度，我們將宜蘭測站最近十八年相同日期之日均溫做平均，得到下方圖表。

梅雨季為臺灣氣候重要之分界，就氣候型態上而言，五六月之前，為冬半年之氣候型態，影響天氣者多屬發源自西伯利亞之冷高壓，以及隨之南下的冷鋒，天氣變化明顯，「春天後母面」這句俗諺便是在形容此時天氣之變化不定，然而在五六月後，氣候型態轉為夏季，影響天氣者多屬太平洋上之副熱帶高壓以及颱風等熱帶系統，氣溫變化大致趨於穩定。

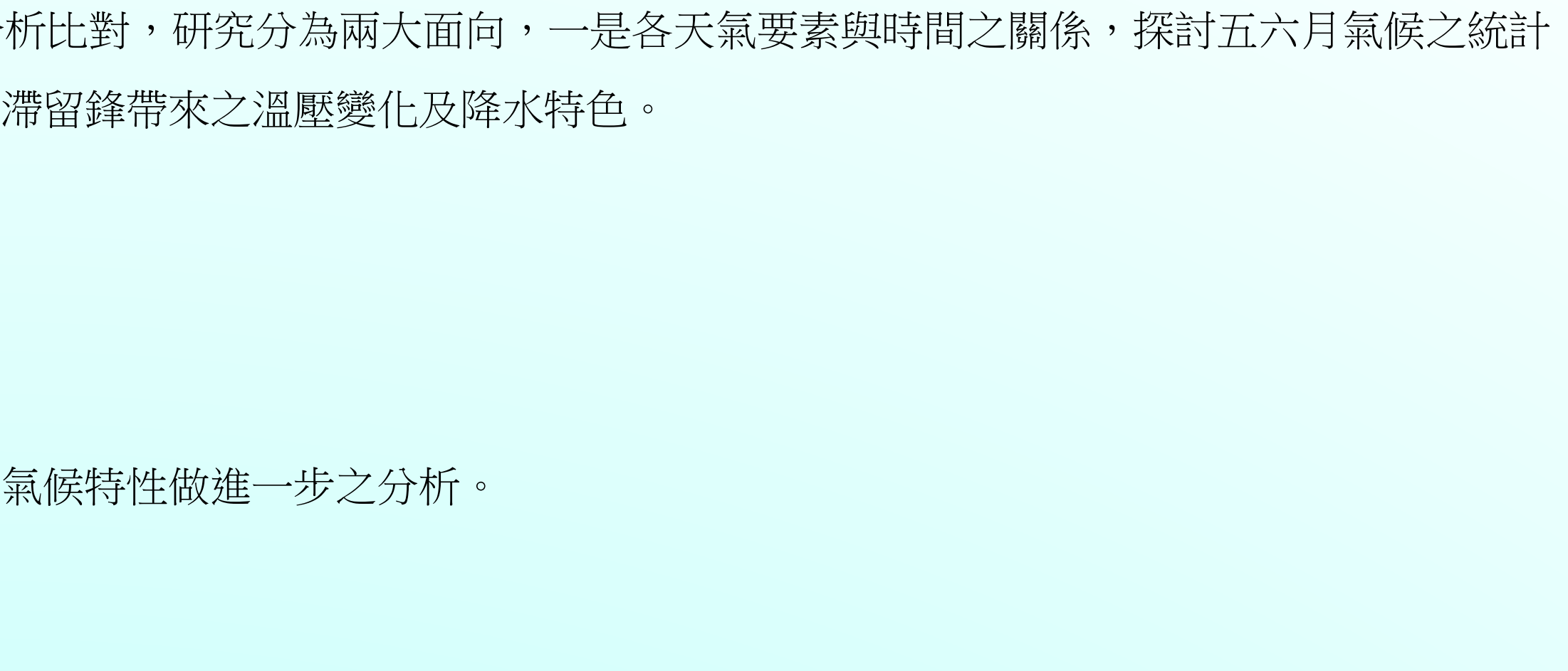


圖二、宜蘭測站五六月逐日均溫

我們可以發現，五六月之氣溫增幅相當明顯，且五月下旬前之溫度曲線呈現鋸齒狀，除顯示平均氣溫變化劇烈外，亦顯示存在特定及值影響平均結果。而進入五月下旬之後，氣溫穩定上升，曲線較為平直少鋸齒。關於氣溫變化程度的分析，將於下一小節做進一步的分析

(三)氣溫穩定度之分析

先前於逐日均溫的變化中發現，五月的溫度變化成鋸齒狀，而六月則趨於穩定，得知五月較六月的溫度變化劇烈，且較易出現明顯高於或低於平均之溫度，於是，我們便利用以下兩個方法將其程度量化，以便比較。



為了描述連續時間中氣溫變化的幅度，我們設計了以下公式來計算。

K

D

=
|

T

D

−

T

D
−
1

|
+
|

T

D

−

T

D
+
1

|

{\displaystyle K_{D}=|T_{D}-T_{D-1}|+|T_{D}-T_{D+1}|}

其中K_D為日期為D時的變異值，而T_D則為日期為D時該日的日均溫

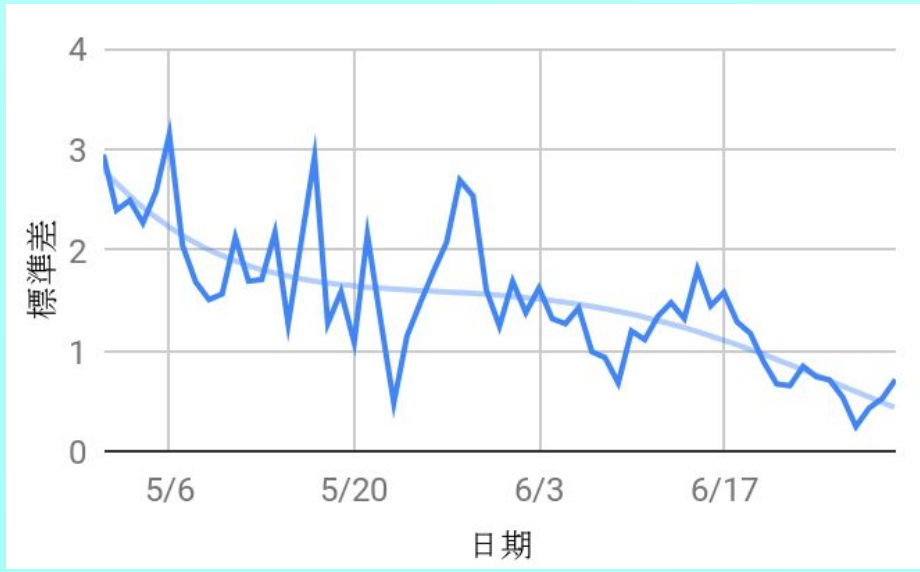
此公式將所計算的，是將選定日期的氣溫與前一日之氣溫差異，以及與後一日的氣溫差異加總後所得。

若我們將每一年日期同為D時的變異值做平均，得到平均變異值，便可用來描述一年中特定時段氣溫的穩定程度，換句話說，這是將「春天後母面」的程度量化。

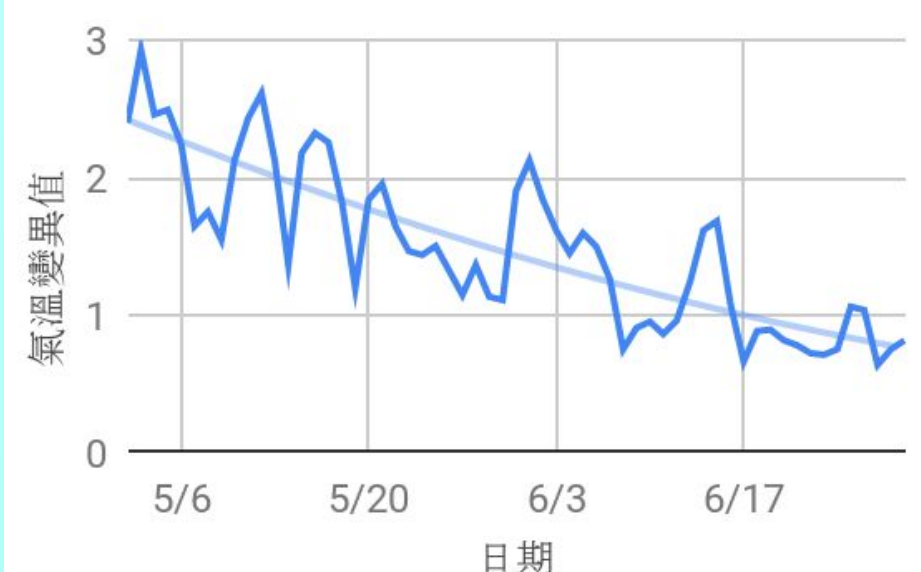
圖三是利用宜蘭測站的資料，由平均變異值對時間作圖所得，從淡藍色的趨勢線可看出其變化，顯示五六月是由多變的春季氣候型態，轉變為穩定，由副熱帶高壓影響的夏季氣候型態，重要的過渡期。

除此之外，我們亦將相同日期的日均溫，做逐日標準差分析，標準差越大，代表一年中這個時間的天氣型態，較難用氣候來推估。

圖四是利用宜蘭測站的氣溫資料所做出來的結果，由淡藍色的趨勢線更可看出其轉變。此結果顯示，五月的氣溫較六月的氣溫，較難由氣候做推估預測。



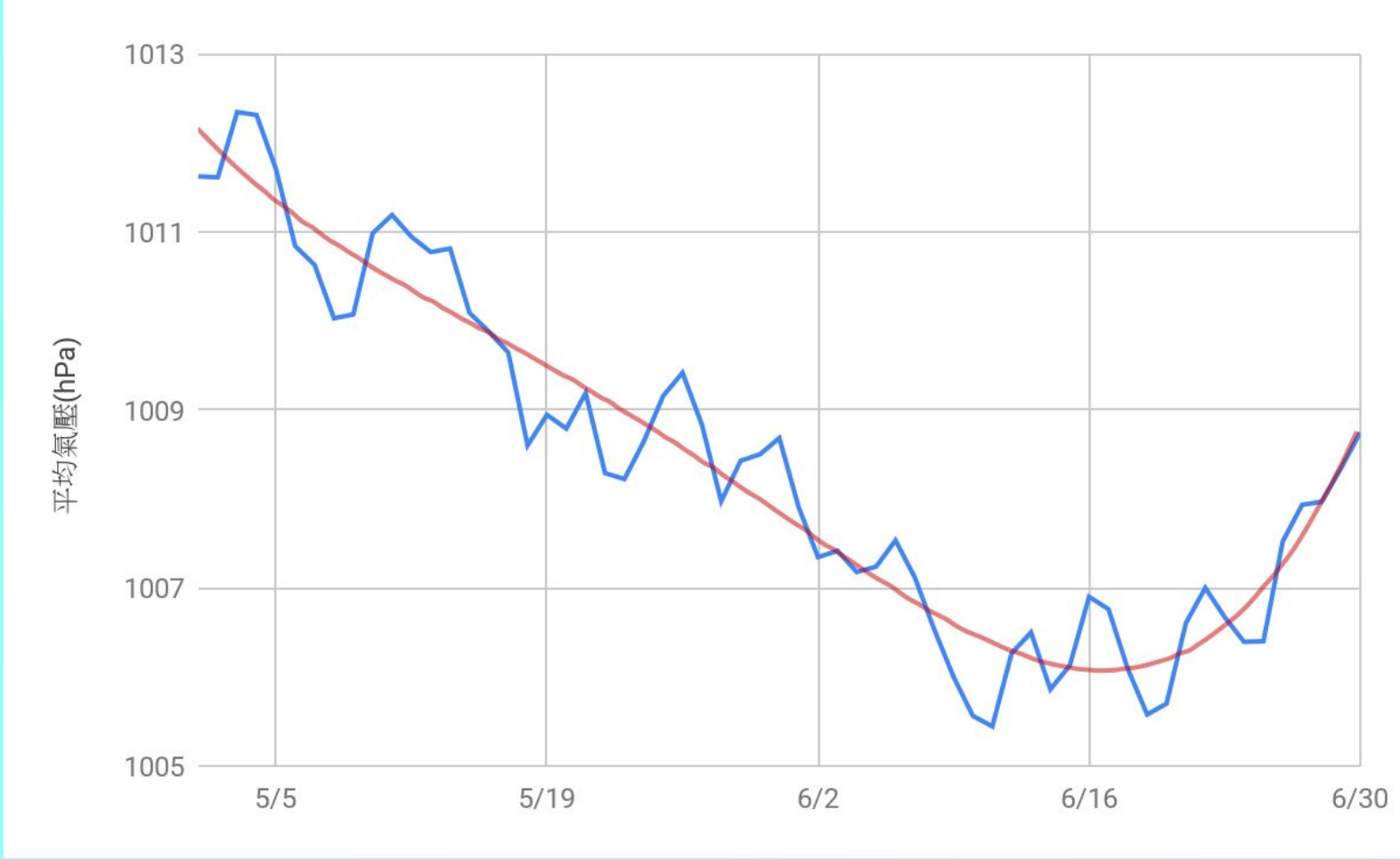
圖三、平均氣溫變異值變化



圖四、逐日氣溫標準差變化

(四)氣壓變化之分析

圖五是我們將近十八年來相同日期宜蘭測站之氣壓(換算為海平面氣壓)做平均所得之圖表。由圖表可以發現，氣壓之變化趨勢，呈現兩端高，中間低的趨勢，且氣壓最低時並非五月底、六月初之時，而是在六月中旬，因為在這之前，影響天氣者多屬西伯利亞冷高壓，而梅雨季時，則是受兩高壓中氣壓較低的鋒面系統影響，且常伴隨大低壓帶的出現，在這之後，影響臺灣天氣者變成副熱帶高壓，氣壓回升。



圖五、逐日平均氣壓

(四)本小節研究結果整理

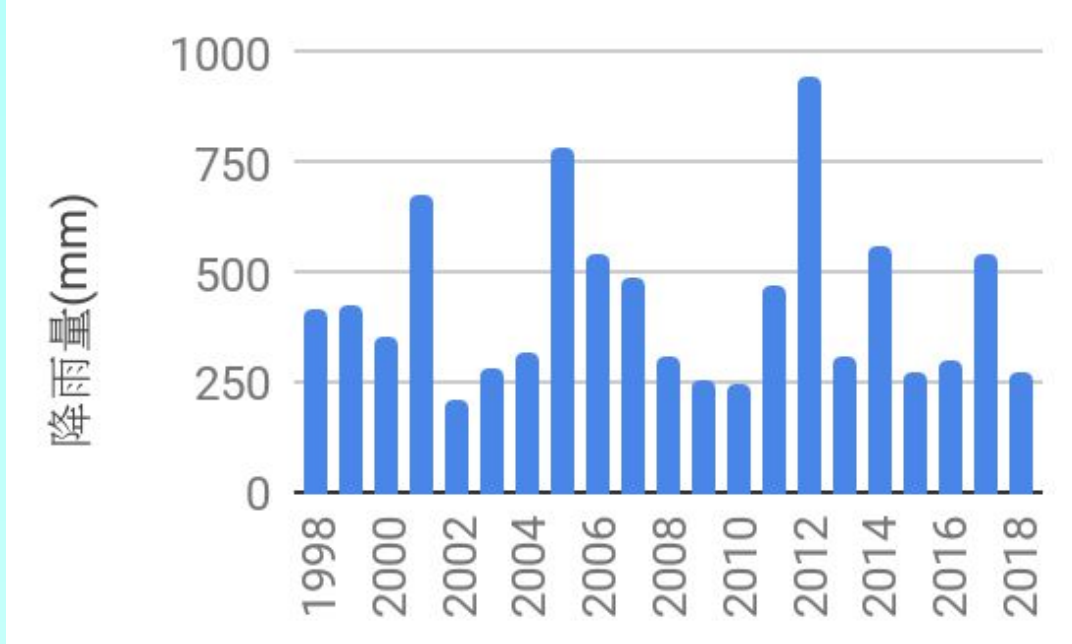
綜合本小節之研究，在五六月這段時間，氣候型態以下特色:

- 氣溫快速回暖，且尤以六月中旬最為顯著。
- 在五六月，氣溫之變化減少且趨於穩定。
- 氣壓先降後升，氣壓最低時為六月中旬，推測與滯留鋒及伴隨低壓有關。

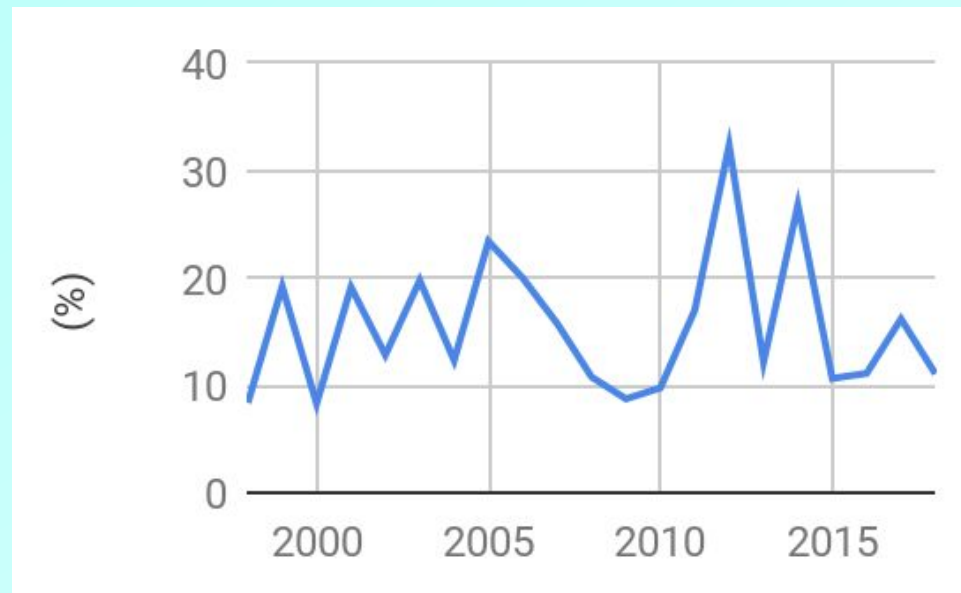
四、五六月降水歷年變化趨勢

(一)總降水量歷年變化

圖六是近20年來五六月總降水變化，可見本月份之降水量變率偏高，且總降水亦無週期性變化，另外，搭配圖七，梅雨對全年降雨所佔的比例，亦可發現梅雨佔比由最低8.35%(2000年)至最高32.37%(2012年)皆有，大多數年份皆低於將總雨量平均分配所佔的16.7%，且長期呈現鋸齒狀不穩定情況，可見梅雨對宜蘭的影響的確無想像中的高及重要。



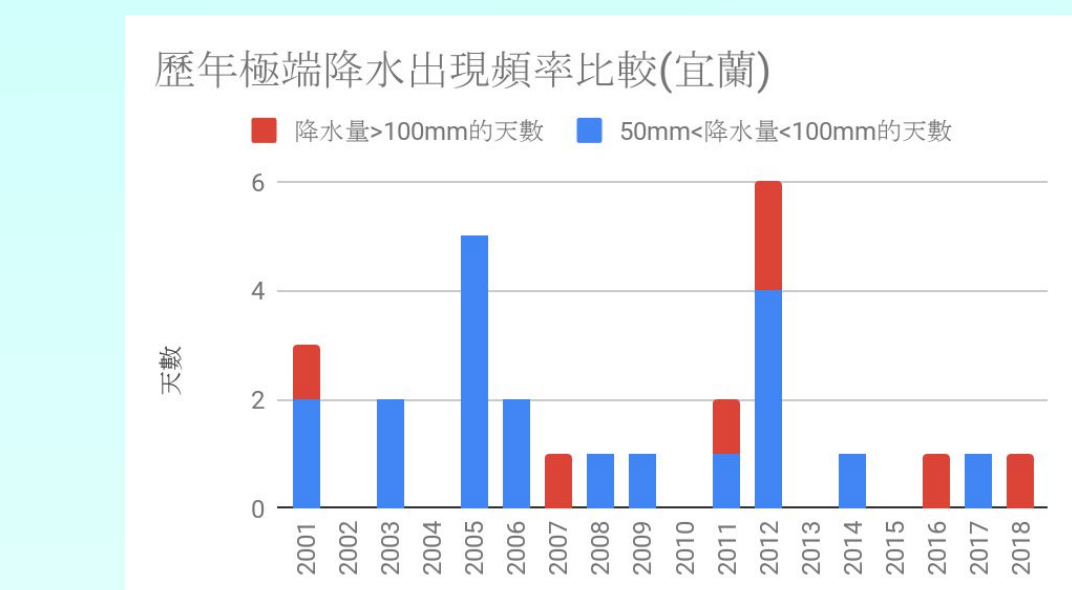
圖六、歷年五六月總降水變化



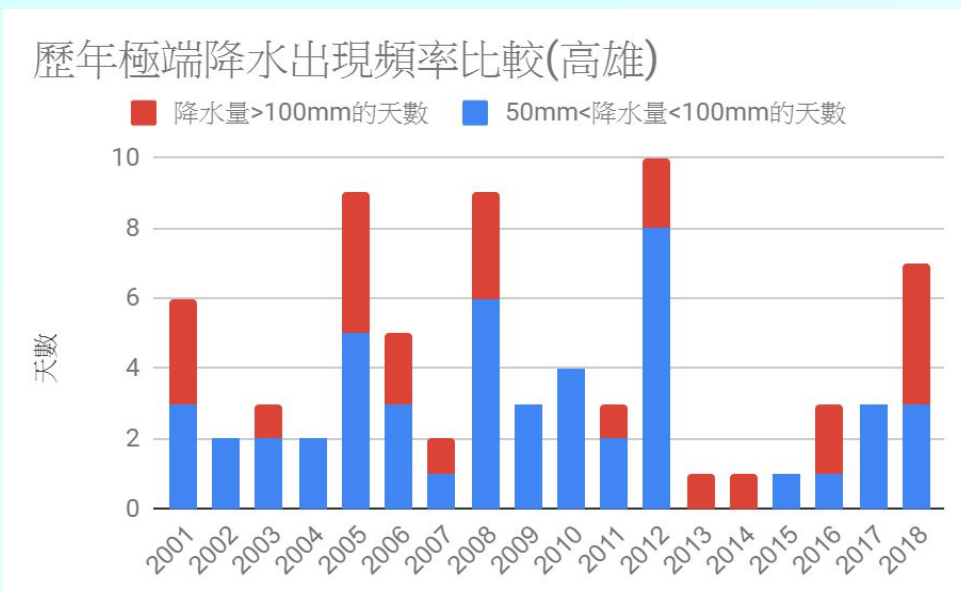
圖七、歷年五六月降水占比

(二)極端降水頻率歷年變化

除了總降水量外，對生活影響較大者，莫過於極端降水，故接下來我們欲以近十八年來五六月出現較大降水之天數，來進行極端降水頻率之分析。



圖八



圖九

為判斷極端降雨之頻率，我們將每日降雨較高的日份分兩種等級拉出，並用累加圖加以統計，並比較宜蘭(左圖)及高雄測站(右圖)，若比較宜蘭及高雄測站。

綜觀整體趨勢，極端降水出現之頻率未有增加的趨勢，且在2012年之極端情形後，降水量較多之天數顯著減少。

五、滯留鋒位置之判讀與分析

先前分析降水時，我們發現除了梅雨之外，亦有許多影響降水的原因，為了確定降水的原因，我們決定利用大氣與水文資料庫中2011~2018五六月之地面天氣圖資料來判斷降水原因。

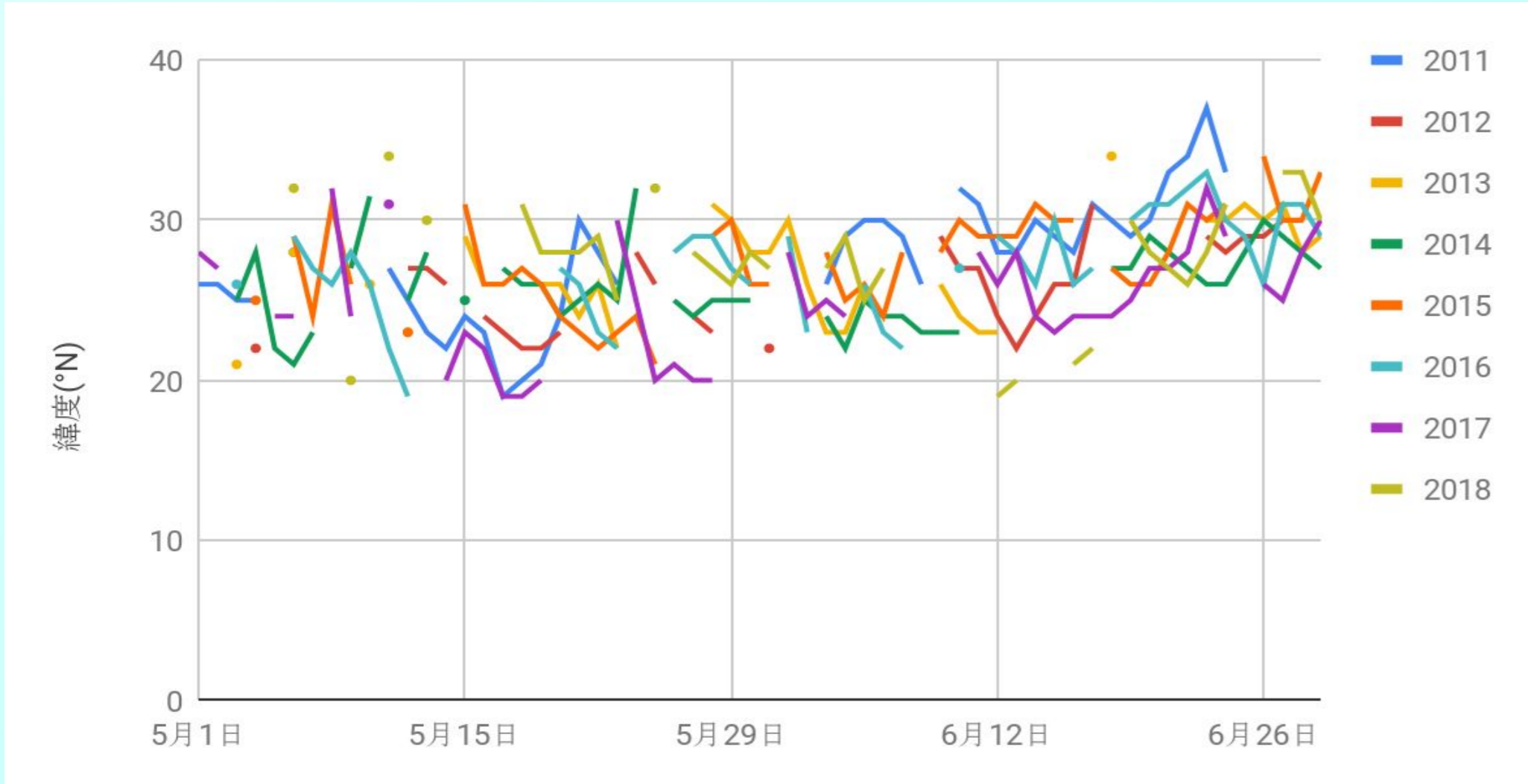
(一)滯留鋒位置判讀

為了要判斷是否為梅雨，我們要判斷是否有滯留鋒的存在，以及它的位置是否在臺灣附近。我們利用滯留鋒與東經120度經線相交的緯度，來表示滯留鋒的位置。

我們對2011~2018年五六月每日14時之地面天氣圖進行判讀，選用14時的原因為其最接近日中，較02、08、20具代表性。我們判讀的對象為與東經120度有交點之滯留鋒。判讀完所有圖表後，再進行下一步之分析。

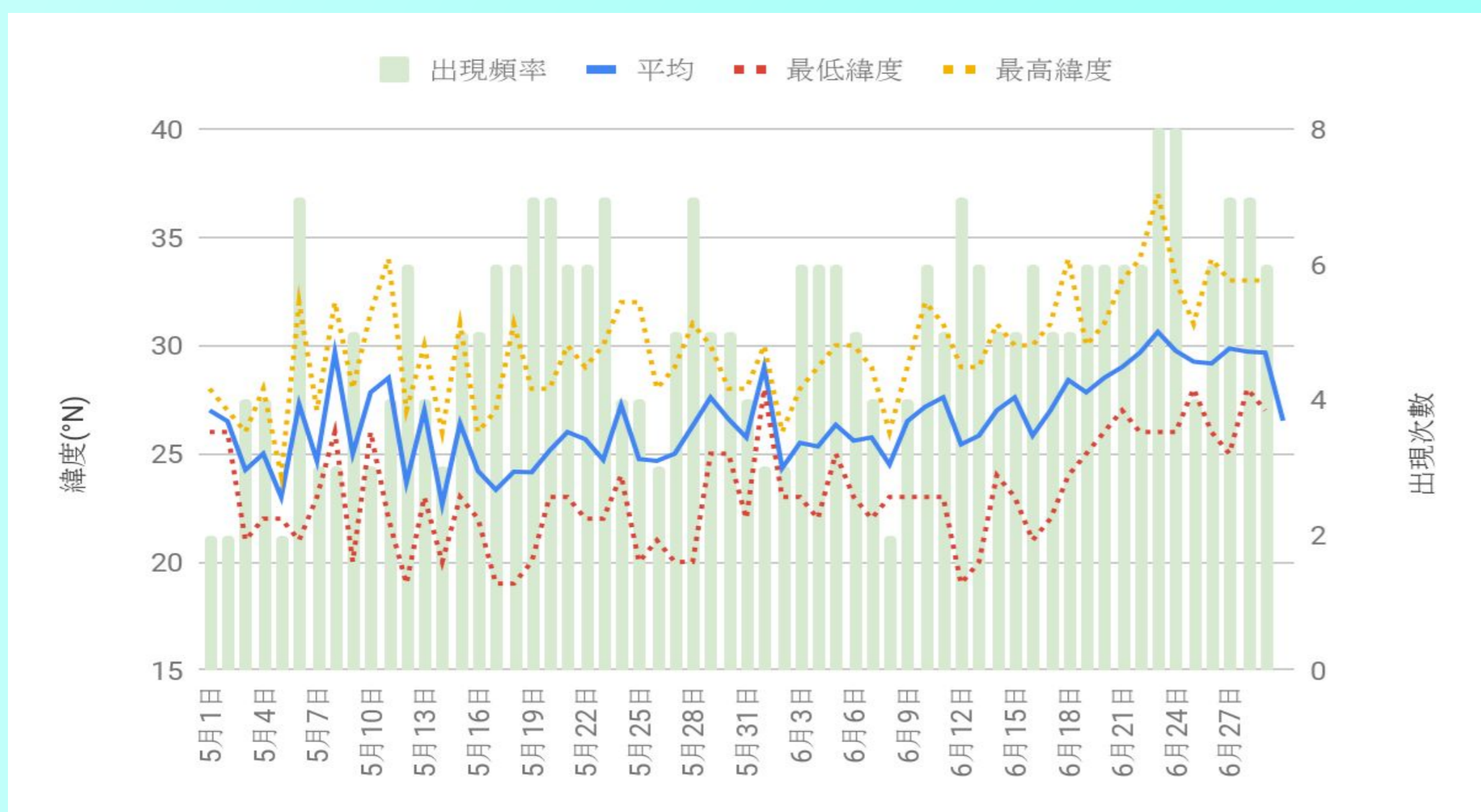
(二)滯留鋒位置分析

為了瞭解滯留鋒活動範圍隨時間北移的程度，我們利用先前判讀的滯留鋒位置資料製作圖表，來分析其特性。



圖十、2011~2018五六月滯留鋒位置變化

圖十是我們利用近八年來滯留鋒位置資料製作，可以發現，滯留鋒生成(通常是由冷鋒轉性而來)的位置並不固定，但在五六月這段時間中大多數生成在北緯25~30度，且生成後多徘徊或向南移動。另外，我們可以發現，滯留鋒生成之位置在五六月之間變化不大，但徘徊的位置逐漸向北且有集中的趨勢，尤其以六月中旬北移之程度最為明顯，且**五月的滯留鋒生命期較短**，通常生成後1~3日便消失或東移，且有較高比例之滯留鋒在其生命期中有快速南降或北升。而**六月之滯留鋒生命期較長**，多數可達五天，部分甚至超過十天，且其「滯留」的情形相對明顯，與典型之滯留鋒較為相似。



圖十一、滯留鋒位置及頻率變化

我們將各年份相同日期之滯留鋒緯度取平均、最大值最小值(以折線表示)，並加上活動頻率(以長條圖表示)，製作出上方圖表。活動頻率的計算方式為過去八年相同日期有滯留鋒活動，且該鋒面與東經120度有相交的天數，舉例來說，6月24日之出現頻率為8，則代表過去八年的每一個6月24日，都有滯留鋒活動。

經上圖，可以更明顯觀察出滯留鋒北移之趨勢及程度。五月初的平均緯度大約在北緯25度，到六月底時已將近30度，上升幅度達5度。另外，由鋒面最低緯度及最高緯度之變化，亦可看出其活動範圍之北移，且以六月中下旬這段時間北移之程度最大。過了六月中，滯留鋒不再南下至25度以南，代表近幾年臺灣在六月中前就已不再受滯留鋒影響。

綜合以上分析，可得出若將五月的滯留鋒與六月的比較，則有緯度南，移速快，頻率低，生命期短等特色。

六、滯留鋒位置對各天氣要素之影響

我們藉由以下的研究，希望找出滯留鋒過境前後的天氣變化趨勢及程度。

(一)氣溫、氣壓與滯留鋒位置之關係

首先，我們想要探討的是溫度及氣壓在滯留鋒過境時的變化。但是，首先遇到的問題，是五六月的氣溫是逐步增加，而氣壓則是先升後降，以至於我們難以比對五六月不同時段之滯留鋒，過境時所造成的影響，為了消去這個影響分析結果的變因，我們決定採用距平的方式來計算。



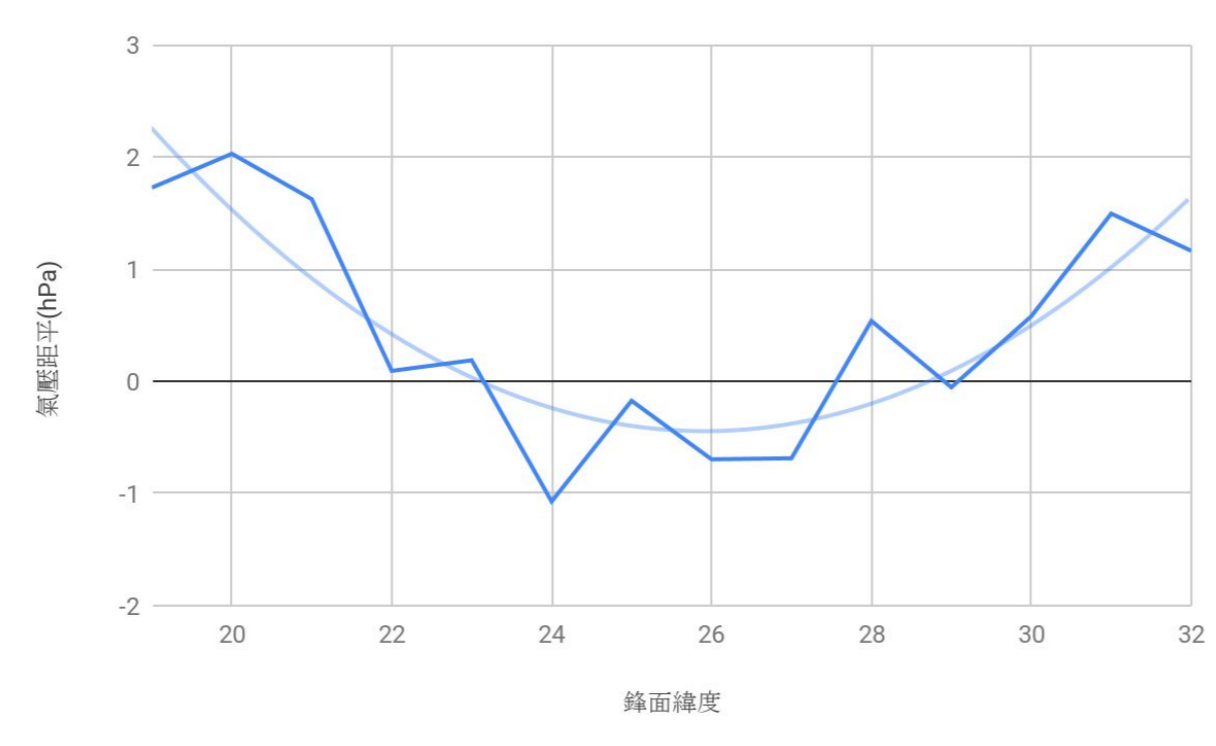
圖十二、鋒面位置對宜蘭測站溫度距平之影響

圖十二是我們透過資料分組後取中位數，所製作的圖表。觀察圖十二可以發現，當鋒面位於宜蘭以北，溫度偏高，因為此時主要受暖氣團影響，但當鋒面移至測站以南，伴隨相當程度之溫度降幅。

此外當鋒面到達23度時，才有明顯降溫，透過比較，發現新竹測站並未出現延遲降溫的特性，甚至在滯留鋒仍在其北方時，就有明顯降溫的情形，但兩測站的降溫幅度相近，約落於3度左右。此比較證實，**延遲降溫本身並非滯留鋒本身的特性，而是地形作用導致**，且甚至其降溫是從抵達前就開始，故判斷，宜蘭測站之延遲降溫，是因為我們用以標定鋒面位置的東經120度位於本島山脈以西，而宜蘭位於山脈以東，當冷氣團從西北方南下時，受山脈阻擋，而導致延遲降溫。

圖十三我們利用宜蘭測站的氣壓資料(海平面氣壓)，與鋒面座標比較後所得之結果。經過觀察，可以發現當鋒面由北往南，漸漸接近，氣壓逐漸下降，隨著鋒面通過，移至宜蘭南方，氣壓便開始逐漸回升，雖然此圖表所呈現之折線，有許多小起伏，但經由趨勢線(淡藍色)，可更清楚看出氣壓之下降及回升趨勢。

除外亦觀察到，當鋒面位於北緯24度時，氣壓降幅最為明顯，然整體的趨勢並非對稱於測站所在的北緯24度，而是大約北緯25~26度，呈現鋒面南下靠近時，氣壓緩降，當鋒面到達測站以南後，氣壓便以較快的速度回升。此結果顯示滯留鋒所伴隨之氣壓變化，與冷鋒劇烈之變化特性截然不同。



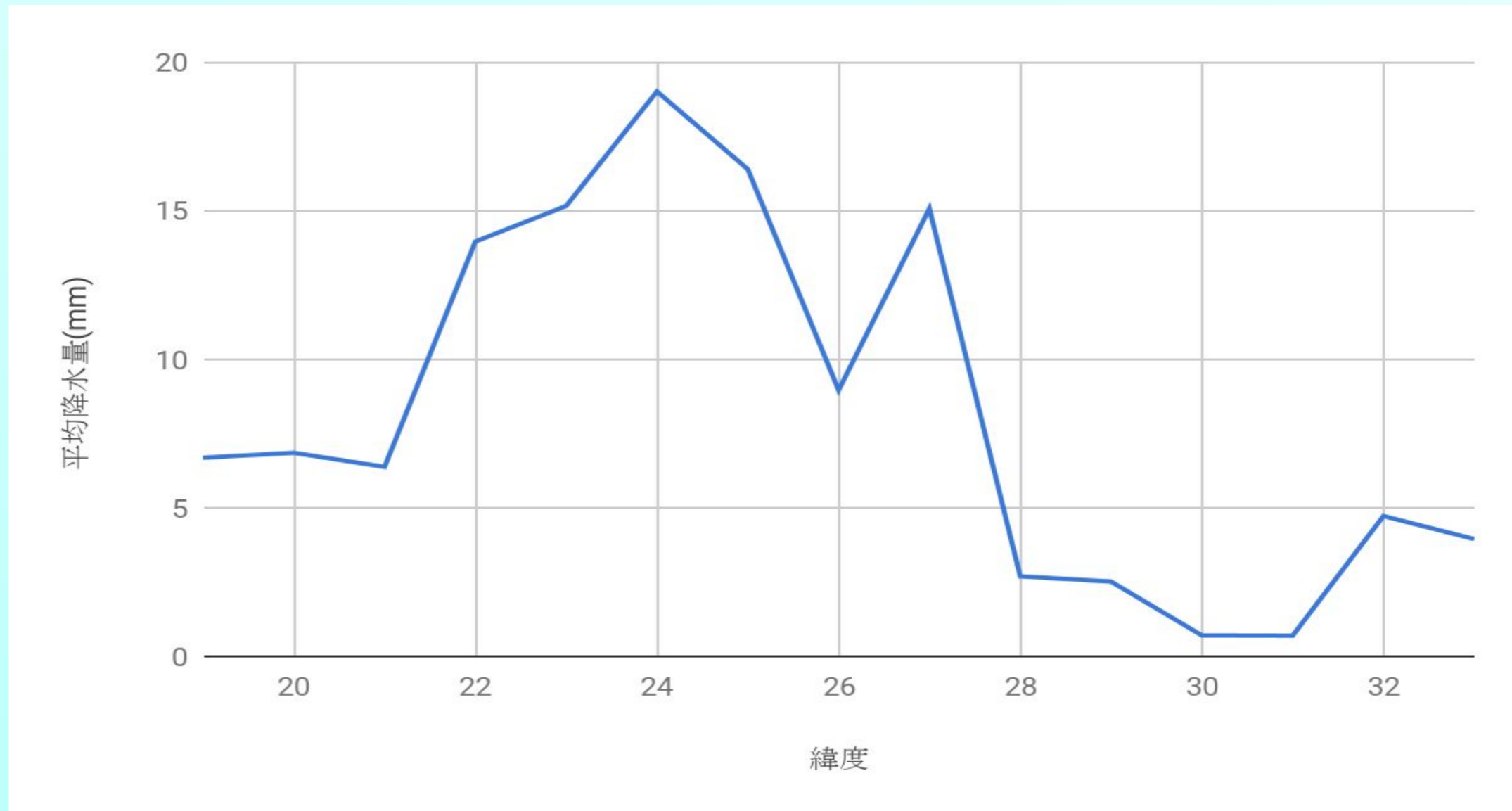
圖十三、鋒面位置對宜蘭測站氣壓距平之影響

七、滯留鋒位置與降水之關係

滯留鋒位置是影響降水的一個重要因素，為了解其之間的關係，我們利用先前判讀之滯留鋒位置與降水資料，進行下一步的分析。

(一)宜蘭測站降水與鋒面位置之關係

圖十四是我們將滯留鋒位於相同緯度時，當天所對應之降水做平均，並與鋒面緯度做比較所得之圖表。可以發現降水主要集中在當鋒面位於22~27度時，且以位於24度時平均降水最多，達到大約19毫米。我們比對宜蘭測站的緯度(北緯24.764度)，發現降水確實集中在當鋒面位於測站附近偏南時。

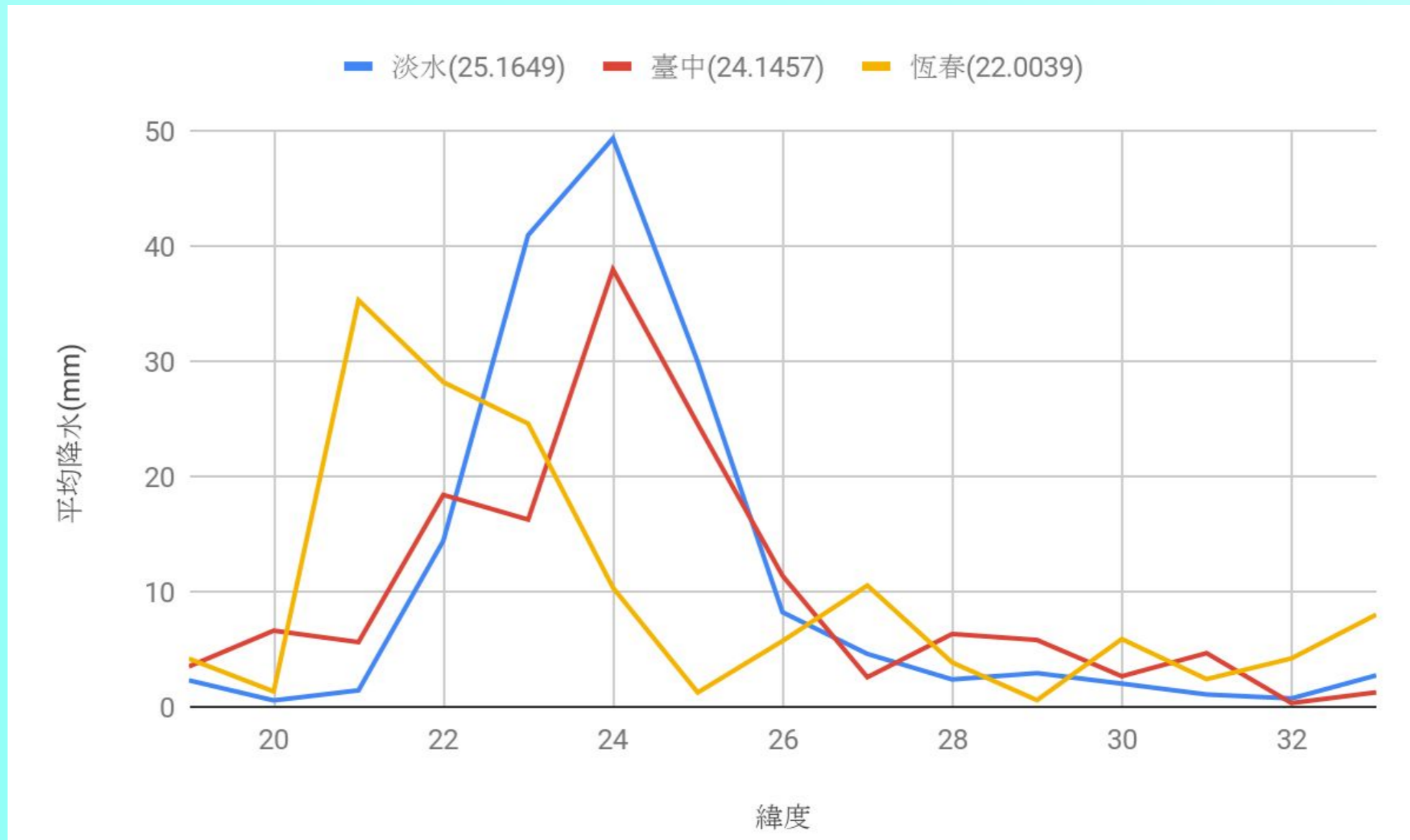


圖十四、滯留鋒位置與宜蘭測站降水之關係

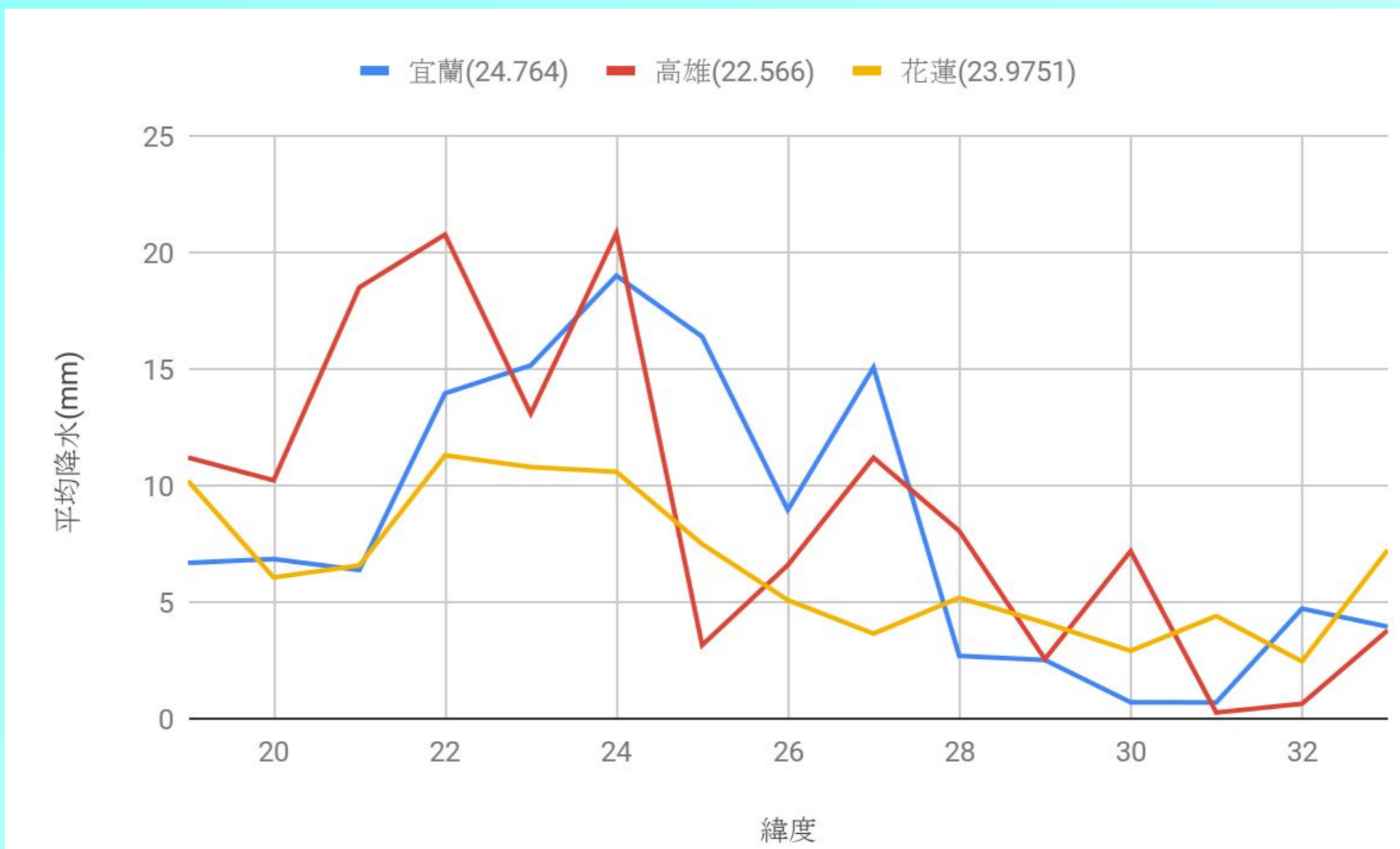
然而，觀察上圖，可發現宜蘭地區的梅雨降水，因為地形因素，好似除了鋒面本身帶來的降水外，還受其他因素影響，如當鋒面位於北緯27度時，亦有降水高峰，顧我們推測應與地形與特定風向之互動有關。

(二)各選定測站之綜合比較

為了更進一步瞭解滯留鋒位置對降水之影響，並進一步分析其特性及各個地區之差異性，故決定藉由比較先前選定之淡水、臺中、高雄、恆春、花蓮等測站進行比較。在處理資料時，我們發現有些測站之降水明顯集中當鋒面位於特定位置時，如淡水、台中及恆春，然有些測站之降水則較為分散，如宜蘭、花蓮及高雄。故決定將此兩組分開討論。



圖十五、滯留鋒位置與降水之關係-降水集中組



圖十六、滯留鋒位置與降水之關係-降水分散組

圖十五為降水集中發生當鋒面位於特定位置之組別，包含淡水、台中及恆春等測站，觀察並比較其異同，我們可以找出幾個特色:

- 1.主要降雨皆出現在當鋒面位於該測站上方或偏北時
- 2.鋒面位置對降雨量多寡有高度關係
- 3.淡水梅雨降雨量峰值及集中情形為六測站之最

再來，我們將鋒面變化反應較不顯著之三個測站，包含宜蘭、花蓮及高雄測站，互相比較，此三測站看上去降雨趨勢較相似但較不規則。仔細觀察圖十六上三線的變化後，大約可歸納出下列現象:

- 1.此三測站在鋒面瀕臨時，會出現該地最大降雨
- 2.降雨量擁有兩個高峰值
- 3.花蓮測站為六者中受鋒面位置影響降雨最不明顯者

綜合以上分析，我們認為此結果與鋒面、風向及地形三者之互動有關，故我們決定於討論中，進一步分析其原因及與其他要素之關係。

伍、討論

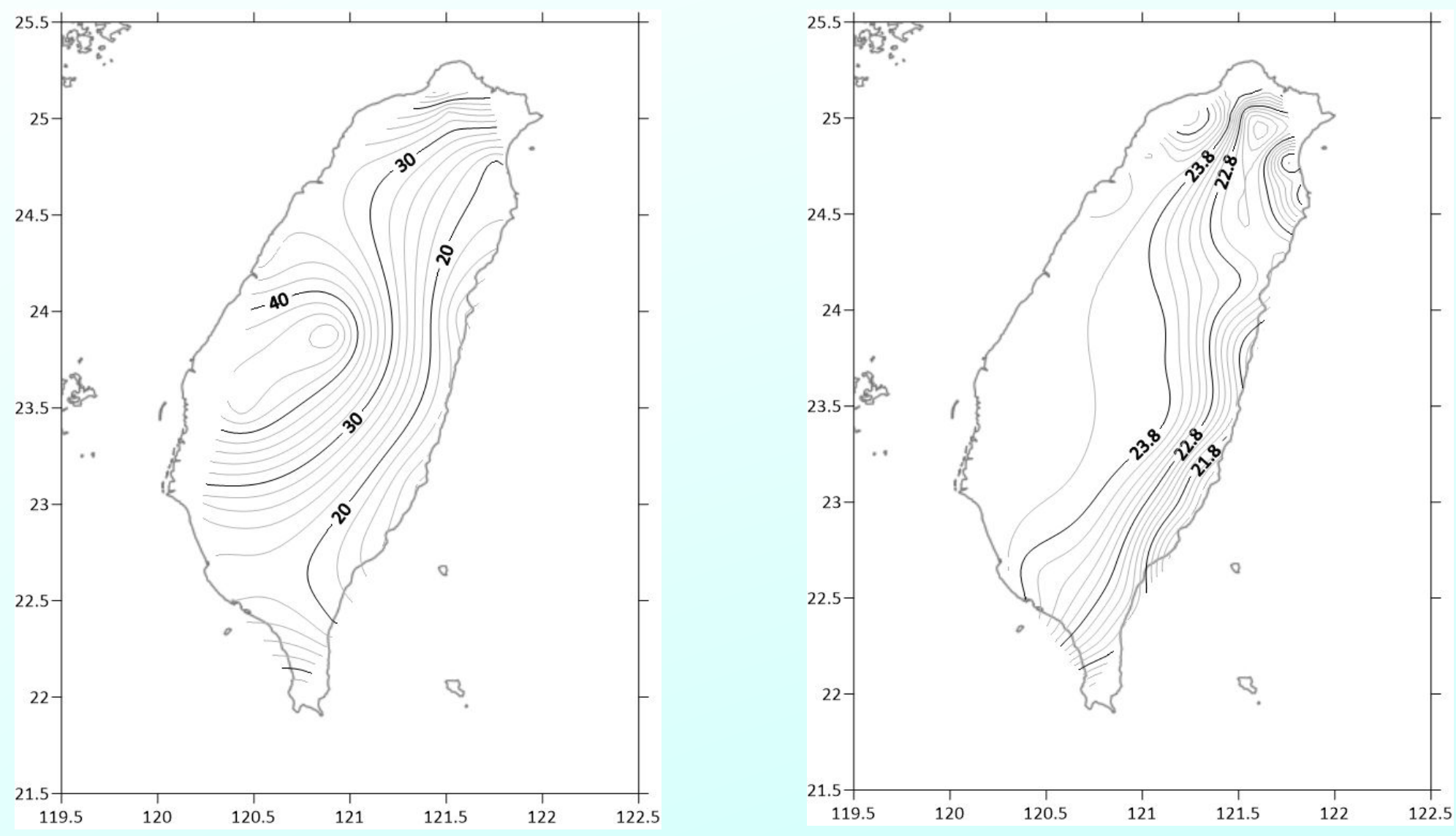
一、梅雨降水分布之因素推測

(一)降水集中度之量化分析

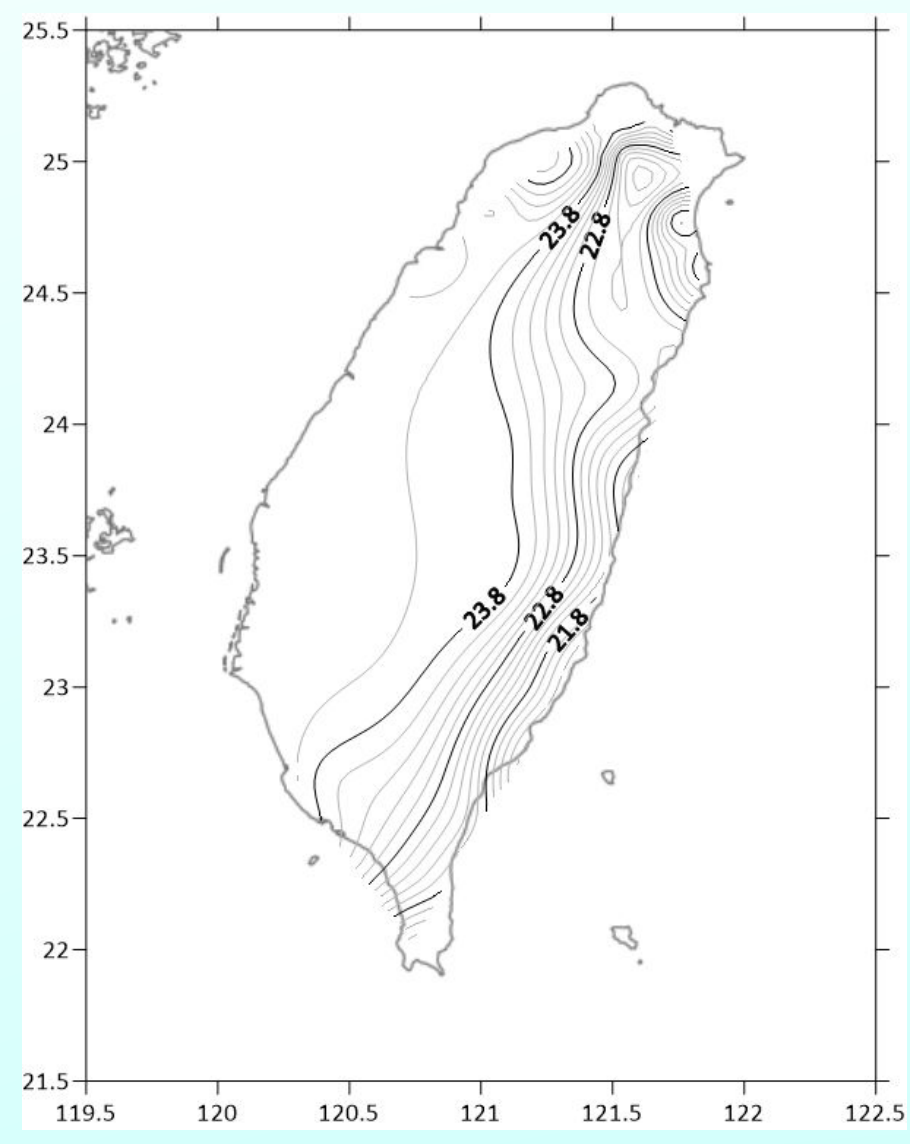
依據上一章節之研究結果，滯留鋒所帶來的降水峰值高度及其發生時滯留鋒所在的位置，會因測站之位置及周遭地形，而存在不小差異。本小節之研究目的為加入更多測站之資料進行分析，以了解全臺各地之平均降水峰值之分布，及此峰值發生時所對應之滯留鋒位置。透過對上述兩現象之研究，可為接下來之原因分析提供研究方向。

首先，需要對降水峰值定義。我們利用上一章節(4-5-4)之兩張圖表(圖十五、十六)，其折線之最高值，來定義各測站之降水峰值。我們亦擴大資料範圍，除原先選定之六測站外，也加入其他局屬氣象站近八年來(2011-2018)資料進行分析。

為展示各地之降水峰值，我們決定使用等值線圖，以呈現其空間關係。下圖為我們利用GIS分析軟體Surfer來繪製此等值線圖。



圖十七、降水峰值等值線圖(單位:mm)



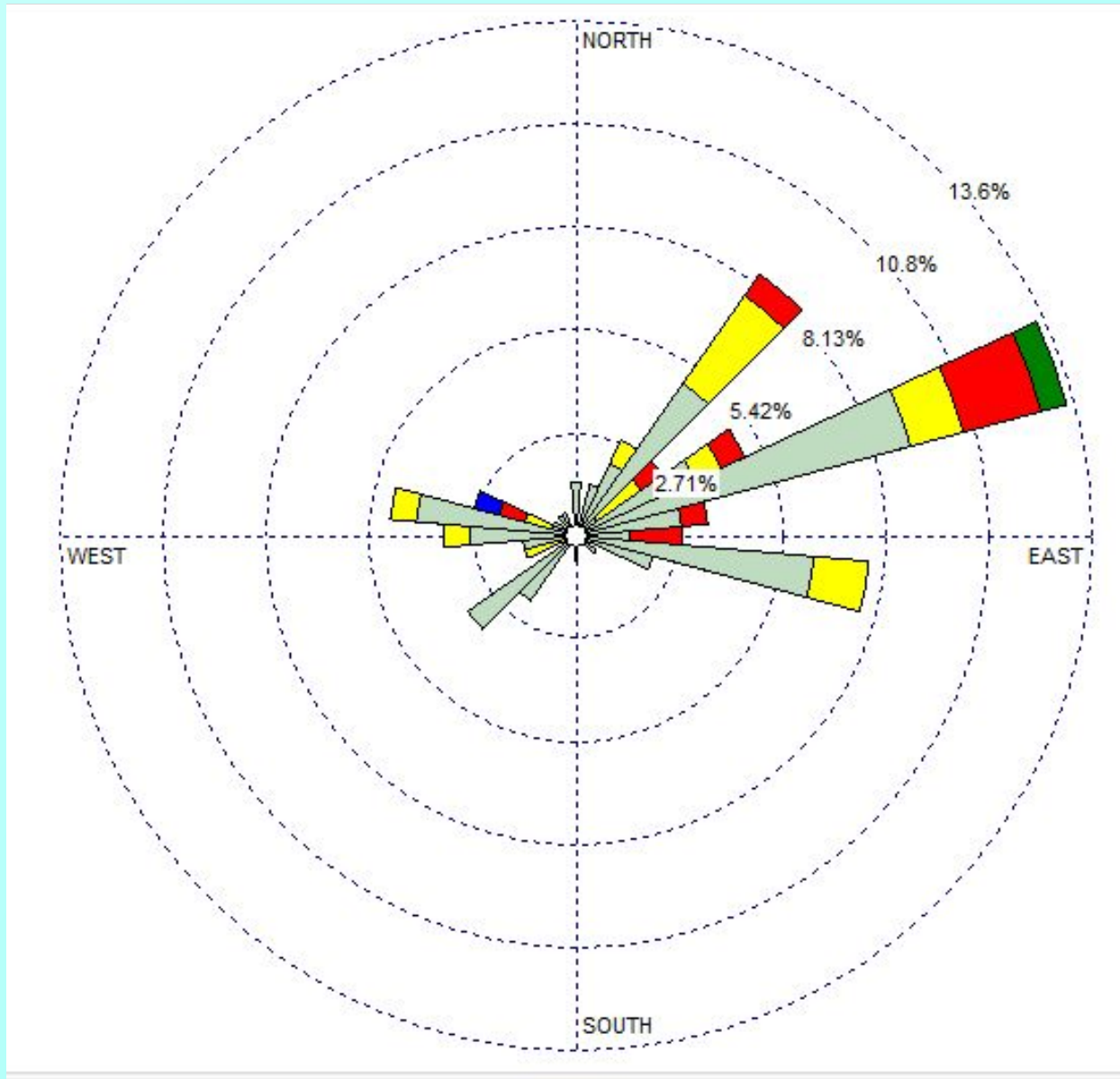
圖十八、降水峰值之對應滯留鋒位置(N)

觀察圖十七可發現，中台灣為降水峰值最高的地方，可達40毫米，並以此地向外遞減，且以東台灣的降水峰值最低，普遍低於20毫米，另外，西北部海岸及恆春半島亦有較大之降水峰值。由圖十八則可看出，綜觀整個西臺灣，其最大降水皆發生於當鋒面位於北緯24度時，而位於山脈以東之花東地區降水峰值則發生於鋒面位於北緯22度之時，故**主要影響降水峰值發生的因素，並非測站所在的緯度**，依據此結果，推測主要影響降水峰值及對應鋒面位置的因素為地形。

(二)風向與宜蘭測站降水之關係

為了進一步了解位置與降水之關係，我們決定比對當梅雨鋒帶來降水時，盛行之風向為何。

我們首先希望了解宜蘭測站風向與滯留鋒降水之關係，為了確定其降水為滯留鋒所導致而非其他因素，我們僅保留滯留鋒位於北緯20~26度之降水資料，再將其與風向比對後，繪製出風花圖。

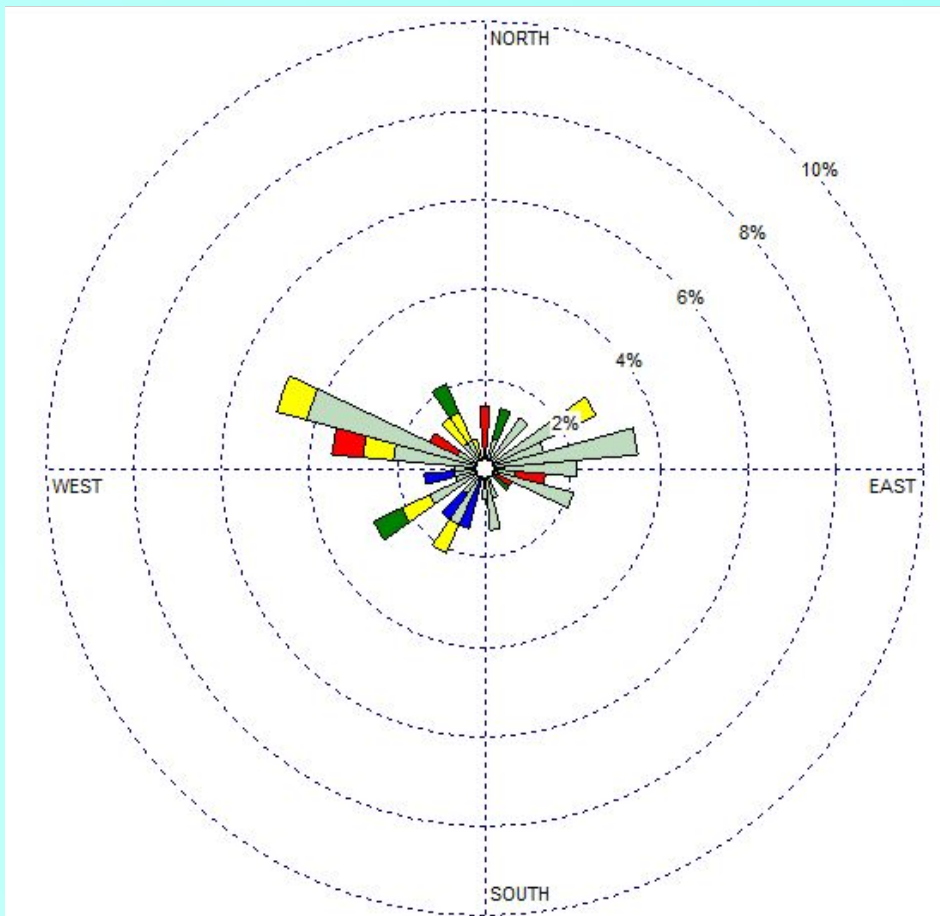


圖十九、宜蘭測站降水風花圖

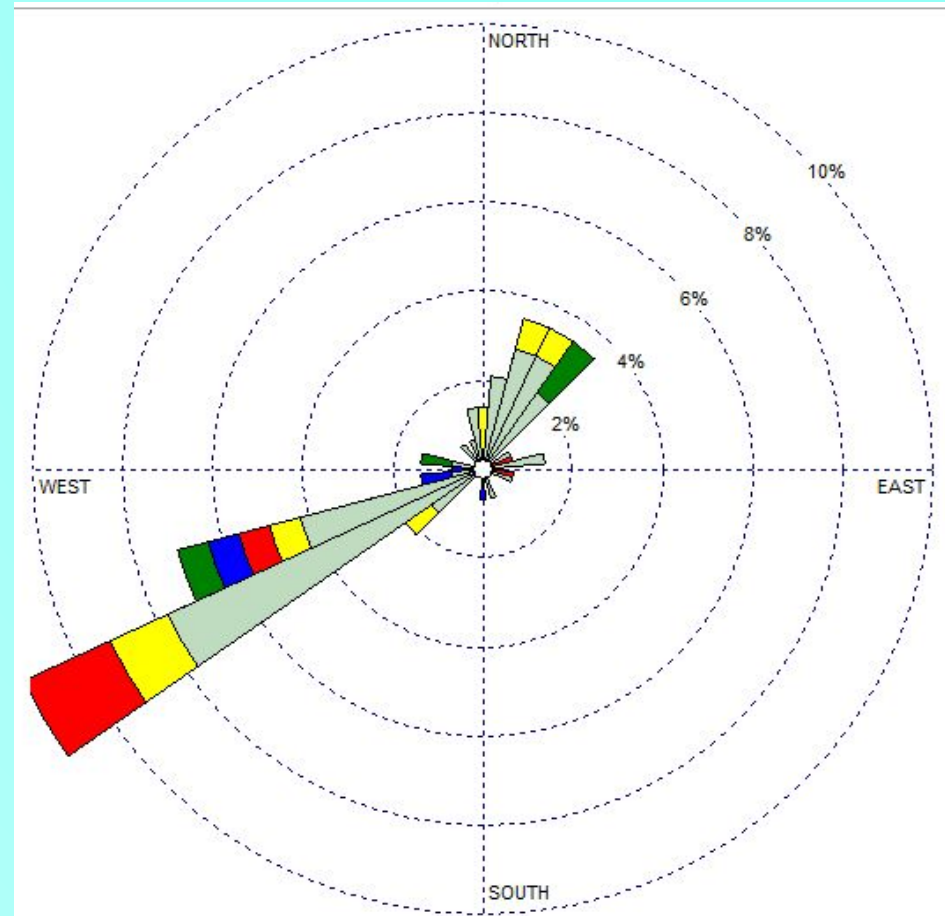
圖十九為我們所製作之宜蘭測站降水風花圖(單位為毫米/日)。觀察上圖，可以發現帶來降水者，確實以東北風為主，其次為東風及西南風。

(三)各測站之比較

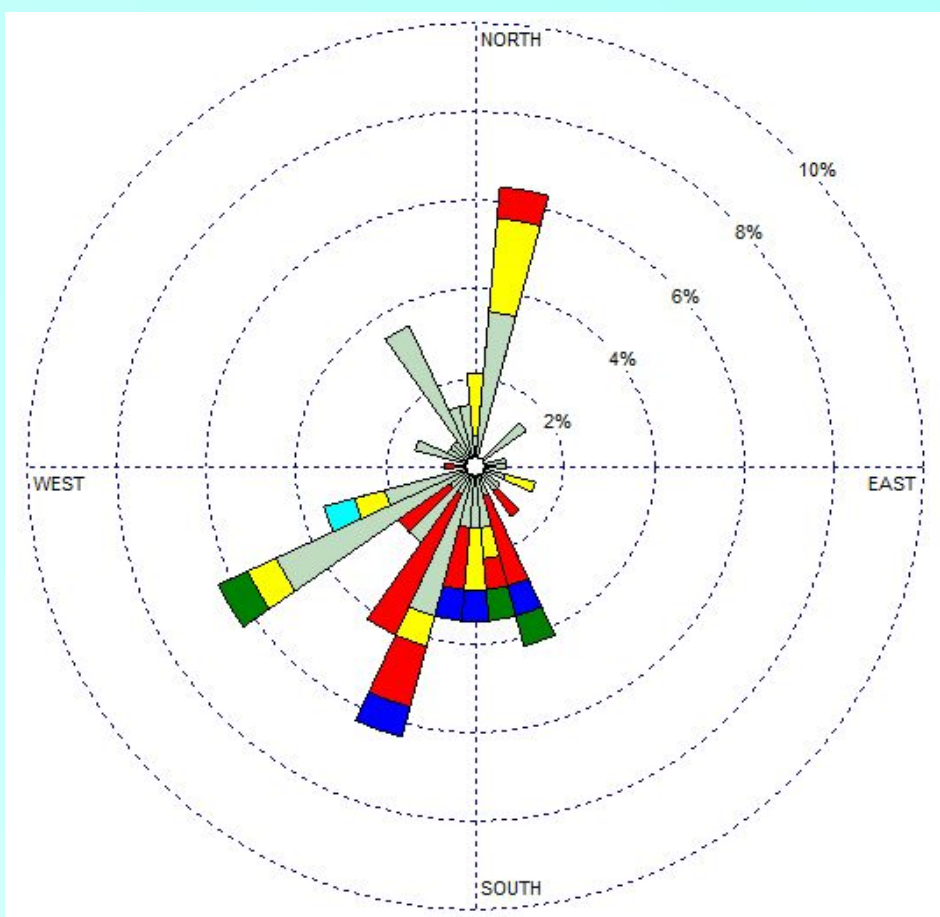
先前我們在研究鋒面位置與滯留鋒的關係時，便發現宜蘭、花蓮及高雄測站，降水並未集中於當鋒面位於特定位置時，反之，淡水、臺中及恆春測站，降水明顯集中在當鋒面位於測站南方0.5~1度時，為了解釋此現象，我們認為與降水之成因有關，故我們比較其他測站帶來降水之風向，以進行下一步之研究。



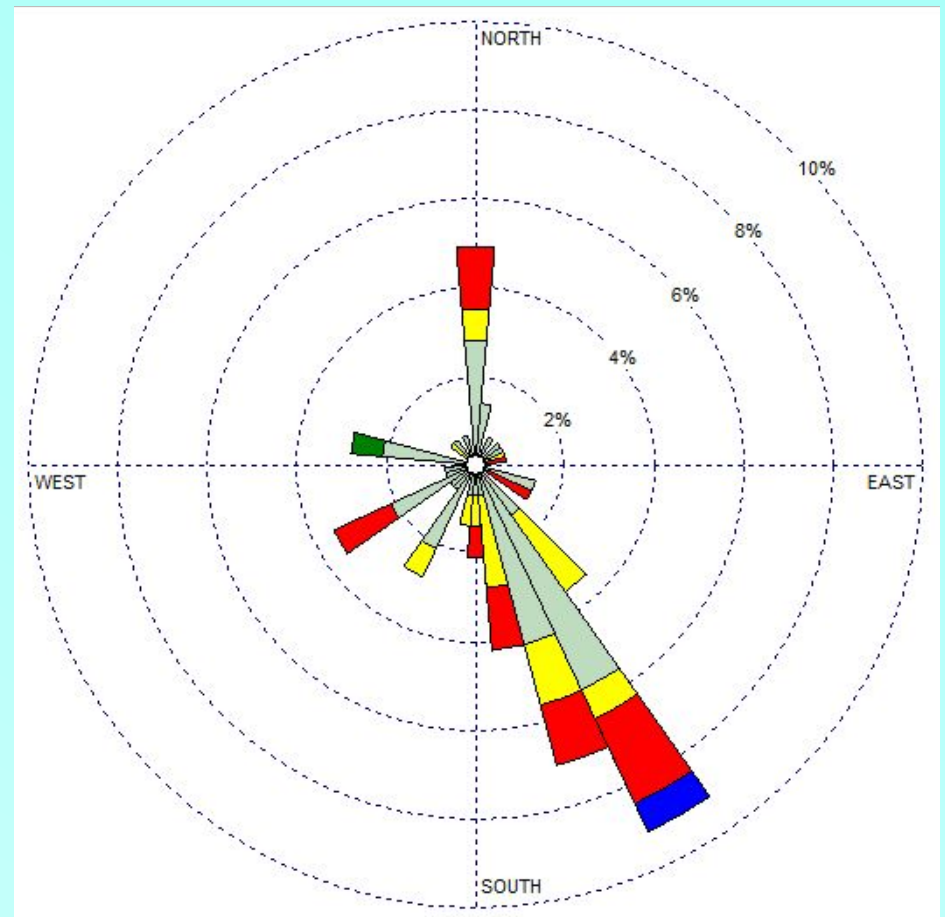
圖二十(一)、恆春



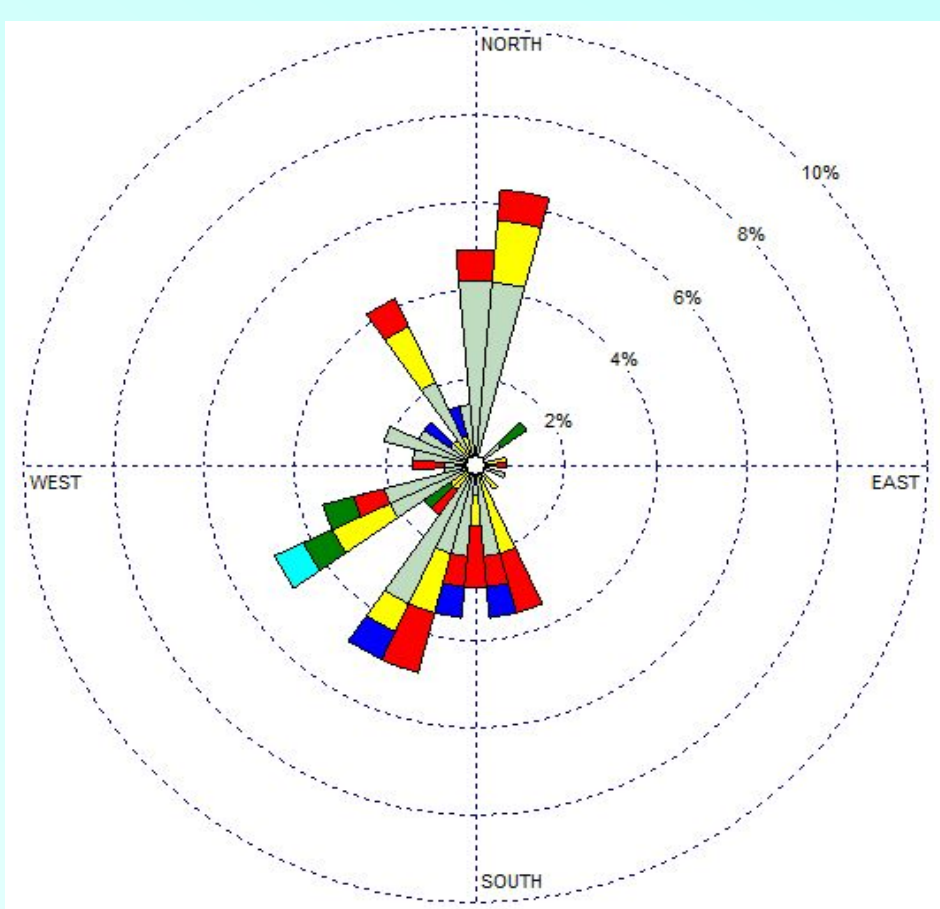
圖二十(二)、花蓮



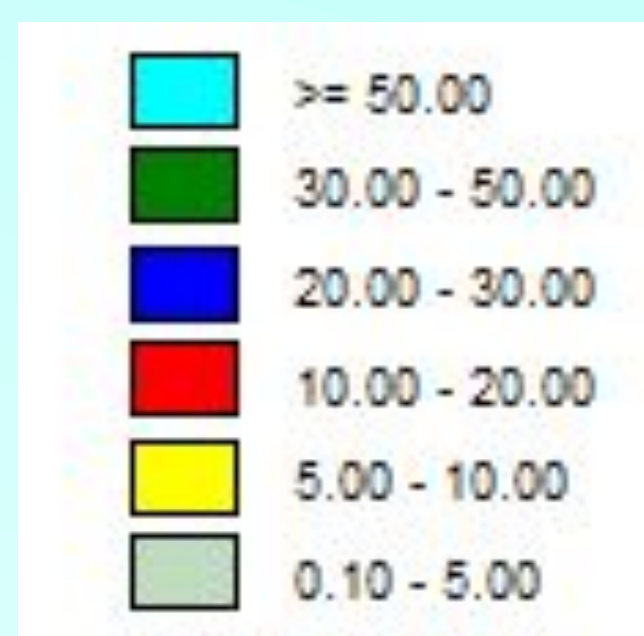
圖二十(三)、臺中



圖二十(四)、高雄



圖二十(五)、淡水



圖示(單位:毫米/日)

比較上方各個地方的降水風花圖，我們觀察到特定幾個測站帶來降水的風向及為單一且集中，包含宜蘭、花蓮及高雄(置於右側之風花圖)，而其他三個測站淡水、臺中、恆春(置於左側之風花圖)，降水較平均分布於不同風向，此分組恰好對應到我們先前的分組，即降水明顯受制於鋒面位置的測站，其帶來降水之風向較不集中，而降水並未集中於當鋒面位於特定位置的測站，引起降水之風向較為集中。

因此，根據上述結果，我們判斷，如果主要的降水是因為當滯留鋒靠近時，其所伴隨之盛行風受地形抬升而導致之降水，則鋒面位於20~27度之間時都有降水之可能，帶來降水之風向也較為單一。反之，如果無地形抬升盛行風，主要帶來降水者為鋒面本身，則降水會集中發生於當鋒面位於附近時，而帶來降水之風向，也較不固定。

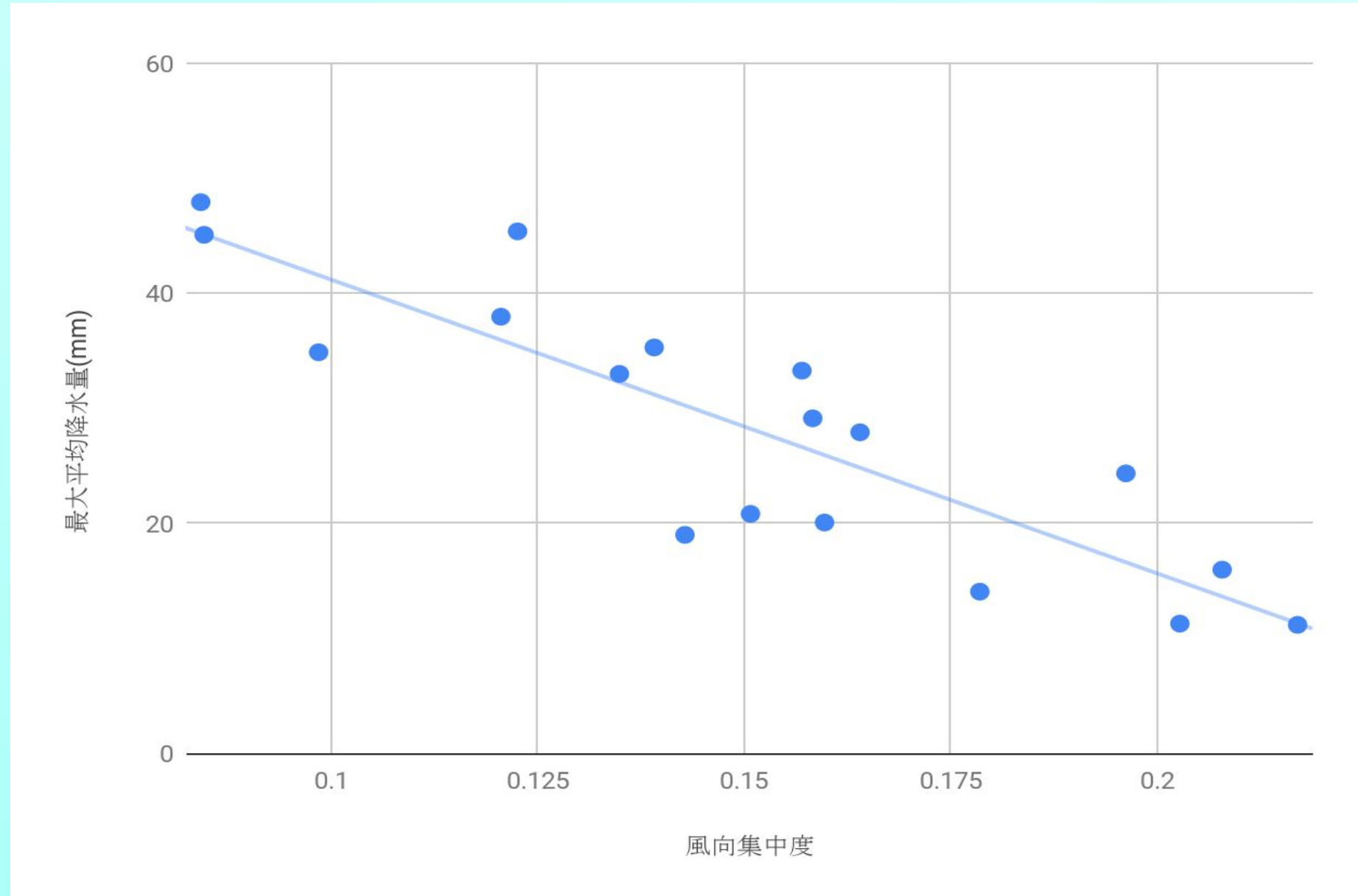
(四)集中度之量化及分析

為進一步分析先前的觀察，我們決定將風向集中度量化，以分析其與降水峰值之關係，我們利用以下方法將風向集中度量化，步驟如下。

- 1.篩選去除滯留鋒位置落於北緯19-30度以外的資料及降水量為0的資料。
- 2.依照其風向(36方位)對資料進行分組，並計算各組之資料筆數。
- 3.取出該測站最主要之風向(資料筆數最多之組別)，再除以各組資料筆數和，即定義為風向集中度。

利用上述方法，可計算所有於滯留鋒影響期間，且由最盛行風向帶來降水之天數，與條件範圍內總天數之比值。

取得位於台灣各地的局屬氣象站近八年來(2011-2018)五六月之降水及風向資料，並去除高山、離島及資料有缺漏之測站後，利用上述方法計算其風向集中度並比對其降水峰值，可比較兩者之相關程度，並以散佈圖呈現。



圖二十一、風向集中度及降水峰值之相關性比較

依據選定測站之資料進行分析後，繪得上方散佈圖，觀察後可發現其符合一趨勢，即**風向集中度越高，降水峰值越低**，此結果不僅驗證先前所觀察到的關係，更進一步呈現其確切之相關性。故若進一步計算相關係數，其相關係數達到-0.864，呈現高度負相關。

綜合上述結果，我們判斷，如果主要的降水是因為當滯留鋒靠近時，其所伴隨之盛行風受地形抬升而導致之降水，則鋒面位於20~27度之間時都有降水之可能，帶來降水之風向也較為單一。反之，如果無地形抬升盛行風，主要帶來降水者為鋒面本身，則降水會集中發生於當鋒面位於附近時，而帶來降水之風向，也較不固定。據此結論，使較大之降水峰值發生之情況有二，一為地形封閉，開口不迎盛行風者，二為四周無高山阻擋盛行風，而較低的降水峰值則是因為存在山脈阻擋盛行風。

陸、結論

我們將先前的研究結果及討論之內容進行統合，並將結論依據性質分為三個不同面向。

一、五六月天氣性質及近年變化趨勢

- (一)五六月的天氣型態大致以六月中旬為界，在此之前氣溫大致以每個月2°C的速度增加，且氣壓持續下降至約1005百帕，降水量偏高且亦有顯著降水，屬於梅雨季之天氣型態，而六月中旬以後，溫度以每個月5°C快速上升，氣壓亦快速回升，且明顯轉乾。
- (二)近年來五六月降水大致以2012年為分界，在此以前降水較多，且極端案例亦多，此後降水量下降，極端案例亦減少。

二、滯留鋒之綜合性質及降水特性

- (一)六月中旬最適合作為統計上之臺灣梅雨季及夏季之分界。
- (二)五月之滯留鋒較六月者有緯度低、頻率低、生命週期短、移動速度快
- (三)滯留鋒影響約可帶來2~3°C之溫度降幅，及2~3百帕之氣壓降幅。
- (四)滯留鋒位於北緯24度時，會為西台灣帶來最大降水，位於北緯22度時，則會為東台灣帶來最大降水，且降水峰值以中台灣最高，南臺灣、北台灣其次，東台灣最低。
- (五)滯留鋒降水之峰值與該測站之風向集中度高度負相關，即造成降水之風向多元，則降水傾向集中發生於鋒面位於特定位置之時。

三、宜蘭測站之獨有特性

- (一)宜蘭測站此季節之盛行風為東北東風(70°)，且在鋒面通過時，此風向占比尤高。此風向亦是最主要帶來降水之風向。
- (二)宜蘭測站在滯留鋒南下時，因地形阻擋而會有降溫延遲之現象，約較同緯度測站延遲3個緯度，即鋒面抵達北緯23度後，才有明顯降溫。

柒、未來展望

本研究已對五六月的氣候綜合特性及滯留鋒性質做出初步地探討，未來我們期許能將其利用於特定測站的梅雨降雨預報之改善，並增進社會大眾對梅雨的了解程度，然而我們的研究在時間之解析度上稍顯不足，若能使用「逐小時」之資料並對更多測站做出綜合分析，雖大幅增加作業上的耗時及分析工具之需求，但勢必能改善並提升本研究之可應用性。

捌、參考資料

- 一.大氣水文研究資料庫
- 二.宜蘭測站
- 三.臺灣氣候變遷推估資訊與調適知識平臺
- 四.中央氣象局-開放資料平臺
- 五.台灣颱風論壇
- 六.日本氣象廳
- 七.災害天氣與氣候彙整月報2012年5月 - (NCDR)WATCH
- 八.災害天氣與氣候彙整月報2012年6月 - 颱風路徑
- 九.戚啓勳(2008)。大氣科學(1版)。臺北，弘揚